

(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2010-59971

(P2010-59971A)

(43) 公開日 平成22年3月18日(2010.3.18)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
FO2D 41/14 (2006.01)	FO2D 41/14 310A	3G091
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 368F	3G301
FO2D 43/00 (2006.01)	FO2D 43/00 301B	3G384
FO2D 41/22 (2006.01)	FO2D 43/00 301E	
FO1N 3/24 (2006.01)	FO2D 43/00 301K	
審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 48 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2009-250530 (P2009-250530)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成21年10月30日 (2009.10.30)		トヨタ自動車株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-346578 (P2006-346578) の分割	(71) 出願人	000003609
原出願日	平成14年6月18日 (2002.6.18)		株式会社豊田中央研究所
(31) 優先権主張番号	特願2001-183493 (P2001-183493)		愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1
(32) 優先日	平成13年6月18日 (2001.6.18)	(74) 代理人	100088971
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 大庭 咲夫
		(72) 発明者	永井 俊成
			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	黒田 幸男
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動 車株式会社内
		最終頁に続く	

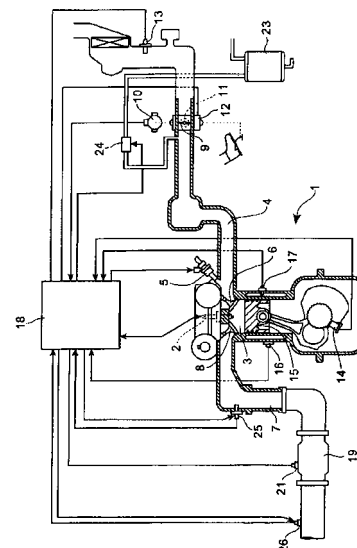
(54) 【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる特定成分の排出量(あるいは、排ガスの状態を表す代表値)を推定し、その推定値に基づいて空燃比の制御を行うことにより、排気浄化触媒による排ガスの浄化効率を向上し得る内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

【解決手段】エンジン1の排気通路7上に配設された排気浄化触媒19に流入する排ガスの排気空燃比に基づいて、前記排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる少なくとも一つの特成分の排出量又は流出する排ガスの状態を示す少なくとも一つの代表値であって、リッチ空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値とリーン空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値とを推定し、前記各推定値毎に目標状態を設定し、前記各推定値が前記各推定値毎の目標状態となるように空燃比を制御する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

内燃機関の排気通路上に配設された排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比に基づいて、前記排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる少なくとも一つの特定成分の排出量又は流出する排ガスの状態を示す少なくとも一つの代表値であって、リッチ空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値とリーン空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値とを推定する推定手段と、

前記推定手段によって推定される前記各推定値毎に目標状態を設定する目標設定手段と

、
前記推定手段によって推定される前記各推定値が前記目標設定手段によって設定された前記各推定値毎の目標状態となるように空燃比を制御する空燃比制御手段とを備えたことを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記推定手段によって推定される推定値が、所定時間後における排出量又は代表値を予測したものであることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記内燃機関の点火時期を制御する点火時期制御手段をさらに備え、かつ、前記空燃比制御手段が前記内燃機関の吸入空気量を調節するスロットルバルブの開度を任意に制御しえる機能を有しており、

20

前記推定手段による所定時間後の前記推定値が所定の目標状態となるように前記空燃比制御手段を用いて空燃比を制御するに際して、前記空燃比制御手段によってスロットルバルブの開制御を遅延させるとともに、前記点火時期制御手段によって点火時期を進角させることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記目標設定手段によって設定される目標状態が、前記推定値を所定範囲内とすることであることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 5】

30

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記目標設定手段が、各推定値毎が等しくなる状態を目標状態として設定することを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 6】

請求項 3 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記推定手段が、スロットル開度の開度予測値を前記推定値の推定に反映させることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 7】

請求項 3 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記推定手段が、燃料挙動モデルを前記推定値の推定に反映させることを特徴とする空燃比制御装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記排気浄化触媒から流出する排ガスの排気空燃比を検出する下流側空燃比センサと、前記推定手段によって推定された前記推定値及び前記下流側空燃比センサの検出結果に基づいて前記推定値の推定モデルを補正する推定モデル補正手段とをさらに備えていることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記排気浄化触媒から流出する排ガスの排気空燃比を検出する下流側空燃比センサと、

50

前記推定手段によって推定された前記推定値及び前記下流側空燃比センサの検出結果に基づいて前記下流側空燃比センサの診断を行うセンサ診断手段とをさらに備えていることを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記排気通路上に前記排気浄化触媒として上流側排気浄化触媒及び下流側排気浄化触媒が配設されており、

前記推定手段は、前記上流側排気浄化触媒及び前記下流側排気浄化触媒の双方について推定値を推定することを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 11】

10

請求項 10 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記上流側排気浄化触媒から流出して前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比を検出する中間部空燃比センサをさらに備え、

前記空燃比制御手段は、前記上流側排気浄化触媒についての前記推定値と前記中間部空燃比センサの検出結果とに基づいて、前記上流側排気浄化触媒から流出して前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比を制御することを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の内燃機関の空燃比制御装置において、

前記上流側排気浄化触媒についての前記推定値が排ガス中の酸素過不足量に関するものであり、

20

前記目標設定手段は、前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガス中の前記酸素過不足量の積算値がゼロとなるように前記推定値の目標状態を設定することを特徴とする空燃比制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の空燃比制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、内燃機関の排ガスを浄化するため、排気浄化触媒（三元触媒）を排気通路上に配設し、排気通路に設けた空燃比センサにより検出される空燃比に基づいて機関に供給される混合気の空燃比が理論空燃比となるようにフィードバック制御を行っている。これにより、窒素酸化物 NO_x 、一酸化炭素 CO 、及び炭化水素 HC が同時に低減される。内燃機関から排出される排ガスの浄化率を向上させるには、上述したフィードバック制御を精度良く行うことが有効である。

30

【0003】

また、更なる排気浄化性能の向上のため、排気浄化触媒の酸素吸蔵作用を効果的に利用する方法が検討されて来ている。この方法は、排ガス中の浄化すべき物質を酸化還元する際に、排気浄化触媒に吸蔵した酸素や排気浄化触媒の吸蔵機能を利用する。

【0004】

40

従来の内燃機関の空燃比制御装置は、このような酸素吸蔵作用に着目してなされた装置であって、排気浄化触媒全体に吸蔵される酸素量（酸素吸蔵量、酸素の実際充填度）を、吸入空気流量、空気中の酸素の含有量、及びラムダ値 1（理論空燃比）からの偏差の積に基づいて推定し、この酸素吸蔵量のある固定された目標値となるように空燃比を制御するようになっている（特許文献 1 を参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 5 - 195842 号公報

【発明の概要】

50

【 0 0 0 6 】

しかしながら、上述した制御は酸素吸蔵量を目標値近傍に維持しようとする制御であり、排ガス中の着目した一つ又は複数の特定の成分の排出量を所望の値以下とするような空燃比制御、或いは、触媒全体の酸素吸蔵量ではなく同触媒の上流部分までにおける酸素吸蔵量を所望の値近傍に維持しようとする空燃比制御を行うことができない等の問題がある。

【 0 0 0 7 】

そこで、発明者は、排気浄化触媒から流出する（排気浄化触媒により浄化される）排ガス中に含まれる特定成分の排出量（あるいは、排ガスの状態を表す代表値）を推定する手法を開発するとともに、この推定値を所定の目標状態とするように空燃比制御を行うことにより排気浄化性能を向上しえることを見出した。

10

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる特定成分の排出量（あるいは、排ガスの状態を表す代表値）を推定し、その推定値に基づいて空燃比の制御を行うことにより、排気浄化触媒による排ガスの浄化効率を向上し得る内燃機関の空燃比制御装置を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

本発明による空燃比制御装置により空燃比が制御される内燃機関は、その排気通路上に排気浄化触媒を備えている。そして、空燃比制御装置は、その排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比に基づいて、同排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる少なくとも一つの特定成分の排出量又は流出する排ガスの状態を示す少なくとも一つの代表値である推定値を推定する推定手段と、前記推定手段によって推定される推定値についての目標状態を設定する目標設定手段と、前記推定手段によって推定される推定値が前記目標設定手段によって設定された目標状態となるように空燃比を制御する空燃比制御手段とを備えている。

20

【 0 0 1 0 】

これにより、排気浄化触媒から流出する排ガス中に含まれる少なくとも一つの特定成分の排出量又は流出する排ガスの状態を示す少なくとも一つの代表値である推定値が目標状態となるように、空燃比が制御されるので、排気浄化性能を向上することが可能となる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の一態様において、前記推定手段によって推定される推定値は、所定時間後における（即ち、現時点から所定時間後における時点での）排出量又は代表値を予測したものである。これにより、より迅速な空燃比の制御が可能となり、排気浄化性能を向上することができる。

30

【 0 0 1 2 】

本発明の他の態様においては、前記空燃比制御装置が、前記内燃機関の点火時期を制御する点火時期制御手段をさらに備え、かつ、前記空燃比制御手段が前記内燃機関の吸入空気を調節するスロットルバルブの開度を任意に制御しえる機能を有しており、前記推定手段による所定時間後の前記推定値が所定の目標状態となるように前記空燃比制御手段を用いて空燃比を制御するに際して、前記空燃比制御手段によってスロットルバルブの開制御を遅延させるとともに、前記点火時期制御手段によって点火時期を進角させるように構成される。

40

【 0 0 1 3 】

これにより、エンジントルクの低下を抑制しながら、空燃比制御による排気浄化性能の向上を達成することができる。

【 0 0 1 4 】

本発明の他の態様においては、前記推定手段が、リッチ空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値と、リーン空燃比時に排出量が増加する成分に関連する少なくとも一つの推定値とを推定し、前記目標設定手段が、各推定値毎に目標状態を設定する。

50

【 0 0 1 5 】

また、この空燃比制御装置において、前記目標設定手段によって設定される目標状態は、前記推定値を所定範囲内とすることであってもよい。

また、前記目標設定手段は、各推定値毎が等しくなる状態を目標状態として設定してもよい。

また、前記推定手段は、スロットル開度の開度予測値を前記推定値の推定に反映させてもよい。

また、前記推定手段は、燃料挙動モデルを前記推定値の推定に反映させてもよい。

【 0 0 1 6 】

本発明の他の態様において、前記推定手段が、前記排気浄化触媒を排ガスの流れ方向に複数の領域に分割したうちの特定領域について前記推定値を推定し、前記目標設定手段が、前記特定領域についての推定値に対する目標状態を設定し、前記空燃比制御手段が、前記特定領域についての推定値が同特定領域に対して設定された前記目標状態となるように空燃比を制御するように構成されていてもよい。

【 0 0 1 7 】

これによれば、特定領域での排ガスの状態を所望の状態に近づけることができる。

【 0 0 1 8 】

また、前記推定手段は、前記分割された複数の領域のうちの最も下流側の領域よりも上流側に前記特定領域を設定するように構成されてもよい。

【 0 0 1 9 】

これによれば、より上流側の特定領域の推定値が空燃比制御の対象となるので、迅速な空燃比制御が可能となるとともに、特定領域での制御結果が目標状態と異なったとしても、特定領域から下流の領域の触媒作用により排ガスを浄化することができるので、排気浄化性能を向上することができる。

【 0 0 2 0 】

この場合、前記推定手段は、前記内燃機関の運転状態に応じて前記特定領域を変更するように構成されてもよく、これにより、排気浄化性能を一層向上することができる。

【 0 0 2 1 】

また、前記推定手段が、前記特定領域として二つの領域を選択して各推定値を推定し、前記目標設定手段が、各特定領域についてそれぞれ前記推定値の目標状態を設定し、前記空燃比制御手段が、各特定領域の各推定値が各目標状態となるように空燃比を制御するように構成されてもよい。これにより、より綿密な空燃比制御が可能となるので、排気浄化性能を一層向上することができる。

【 0 0 2 2 】

また、このように特定領域を複数選択する場合、更に綿密な空燃比制御を行うため、前記空燃比制御手段が、各特定領域毎に空燃比制御に対する影響度を個別に設定するように構成されてもよい。

【 0 0 2 3 】

更に、前記空燃比制御手段は、各特定領域毎の前記影響度を前記内燃機関の運転状態に応じて変更するように構成されてもよい。

【 0 0 2 4 】

本発明の他の態様においては、空燃比制御装置が、前記排気浄化触媒から流出する排ガスの排気空燃比を検出する下流側空燃比センサと、前記推定手段によって推定された前記推定値及び前記下流側空燃比センサの検出結果に基づいて前記推定値の推定モデルを補正する推定モデル補正手段とをさらに備えている。これにより、推定モデルによる推定値の推定精度が向上する。

【 0 0 2 5 】

本発明の他の態様においては、空燃比制御装置が、前記排気浄化触媒から流出する排ガスの排気空燃比を検出する下流側空燃比センサと、前記推定手段によって推定された前記推定値及び前記下流側空燃比センサの検出結果に基づいて前記下流側空燃比センサの診断

10

20

30

40

50

を行うセンサ診断手段とをさらに備えている。これにより、センサの診断を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の他の態様において、排気通路上に前記排気浄化触媒として上流側排気浄化触媒及び下流側排気浄化触媒が配設されている場合、前記推定手段は、前記上流側排気浄化触媒及び前記下流側排気浄化触媒の双方について推定値を推定する。

【 0 0 2 7 】

この場合において、空燃比制御装置が、前記上流側排気浄化触媒から流出して前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比を検出する中間部空燃比センサをさらに備える場合、前記空燃比制御手段は、前記上流側排気浄化触媒についての前記推定値と前記中間部空燃比センサの検出結果とに基づいて、前記上流側排気浄化触媒から流出して前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガスの排気空燃比を制御するように構成されることが好適である。

10

【 0 0 2 8 】

また、前記上流側排気浄化触媒についての前記推定値が排ガス中の酸素過不足量に関するものであり、前記目標設定手段は、前記下流側排気浄化触媒に流入する排ガス中の前記酸素過不足量の積算値がゼロとなるように前記推定値の目標状態を設定するように構成されることが好適である。

【 0 0 2 9 】

本発明は、また、流入するガスが通過する空間と、同空間に露呈するとともに触媒機能をもたらす物質及び酸素吸蔵放出機能をもたらす物質を担持したコート層と、を含んでなる排気浄化触媒を排気通路に配設した内燃機関の空燃比制御装置であって、前記排気浄化触媒の一部又は全部を通過した前記機関の排ガスに含まれる特定成分の排出量に応じた値を推定値として推定する推定手段と、前記推定手段によって推定される推定値の少なくとも一つが所定の目標状態となるように、前記排気浄化触媒に流入する排ガスの空燃比を制御する空燃比制御手段と、を備えた内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

20

【 0 0 3 0 】

これによれば、推定された排ガス中の特定成分の排出量（濃度等）に応じた空燃比制御がなされるので、排気浄化性能が向上する。

【 0 0 3 1 】

この場合、前記特定成分は、前記排気浄化触媒に流入する前記機関の排ガスに含まれるとともに還元機能を有するリダクション成分及び同排ガスに含まれるとともに同リダクション成分に酸素を供給し得るストレージ成分のうちの少なくとも一つの成分であり、前記推定手段は、前記特定成分の物質収支を考慮して形成された推定モデルに基づいて前記推定値を推定するように構成され得る。

30

【 0 0 3 2 】

さらに、前記推定手段のモデルは、前記排気浄化触媒を排ガスの流れ方向に複数の領域に分割したうちの特定領域に着目し、同特定領域の前記空間に流入する前記特定成分の量と同特定領域の空間から流出する同特定成分の量、及び同特定領域の空間から同特定領域の前記コート層に拡散する同特定成分の量に基づいて形成され得る。

40

【 0 0 3 3 】

さらに、前記推定手段の推定モデルは、前記特定領域の空間から前記特定領域のコート層に拡散する前記特定成分の量と同コート層で消費される同特定成分の量とに基づいて形成され得る。

【 0 0 3 4 】

このようなモデルにより特定成分の排出量を推定する場合、前記特定成分は、酸素、又は酸素と一酸化炭素とすることが計算上簡便である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 5 】

【 図 1 】 本発明の制御装置の実施形態を有する内燃機関を示す断面図である。

50

- 【図 2】図 1 に示した排気浄化触媒の外観図である。
- 【図 3】図 2 に示した排気浄化触媒の部分断面図である。
- 【図 4】本発明における推定モデル（触媒モデル）を説明するための模式図である。
- 【図 5】本発明における推定モデルを説明するための模式図である。
- 【図 6】本発明における推定モデルで使用される風上法を説明するための模式図である。
- 【図 7】本発明による推定モデルにしたがって排ガス中の酸素濃度を求めるためのプログラムを示したフローチャートである。
- 【図 8】本発明による推定モデルにしたがって排ガス中の一酸化炭素濃度を求めるためのプログラムを示したフローチャートである。
- 【図 9】本発明による推定モデルにしたがって排ガス中の炭化水素濃度を求めるためのプログラムを示したフローチャートである。 10
- 【図 10】本発明による推定モデルにしたがって排ガス中の窒素酸化物（一酸化窒素）濃度を求めるためのプログラムを示したフローチャートである。
- 【図 11】本発明による推定モデルにしたがって酸素吸蔵密度を求めるためのプログラムを示したフローチャートである。
- 【図 12】触媒劣化度と触媒温度から係数 $K_{stor,i}$ 、 $K_{rel,i}$ を求めるためのマップである。
- 【図 13】排気浄化触媒に流入する一酸化炭素濃度を決定するために使用される排気空燃比と一酸化炭素濃度との関係を規定したマップ（テーブル）である。
- 【図 14】排気浄化触媒に流入する炭化水素濃度と排気空燃比との関係を示したグラフである。 20
- 【図 15】排気浄化触媒に流入する炭化水素濃度と排気温度との関係を示したグラフである。
- 【図 16】排気浄化触媒に流入する一酸化窒素濃度と排気空燃比との関係を示したグラフである。
- 【図 17】排気浄化触媒に流入する一酸化窒素濃度と筒内吸入空気量との関係を規定したグラフである。
- 【図 18】本発明の制御装置の第一実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 19】 C_{goutO2} とフィードバック補正量との関係を示すマップである。 30
- 【図 20】本発明の制御装置の第二実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 21】本発明の制御装置の第三実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 22】本発明の制御装置の第四実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 23】本発明の制御装置の第五実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 24】本発明の制御装置の第六実施形態における空燃比制御のフローチャートである。 40
- 【図 25】本発明の制御装置の第七実施形態における空燃比制御のフローチャートである。
- 【図 26】運転状態が吸入空気量である場合の同運転状態と特定領域の位置との関係を示すマップである。
- 【図 27】運転状態がアクセル開度の変化量（ Δ アクセル開度）である場合の同運転状態と特定領域の位置との関係を示すマップである。
- 【図 28】運転状態が触媒の活性状態である場合の同運転状態と特定領域の位置との関係を示すマップである。
- 【図 29】運転状態が空燃比の変動量（ $\Delta A/F$ ）である場合の同運転状態と特定領域の位置との関係を示すマップである。 50

【図 3 0】本発明の制御装置の第八実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【図 3 1】本発明の制御装置の第九実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【図 3 2】特定領域の位置と制御ゲイン G_1 , G_2 との関係を示すマップである。

【図 3 3】本発明の制御装置の第十実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【図 3 4】本発明の制御装置の第十一実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【図 3 5】本発明の第十二実施形態及び第十三実施形態にかかる内燃機関を示す図である。

10

【図 3 6】本発明の制御装置の第十二実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【図 3 7】本発明の制御装置の第十三実施形態における空燃比制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明による空燃比制御装置の実施形態について図面を参照しつつ説明する。図 1 は、かかる空燃比制御装置を有する内燃機関の構成を示している。この空燃比制御装置は内燃機関であるエンジン 1 を制御するものである。

20

【0037】

エンジン 1 は多気筒エンジンであり、図 1 においては、その一気筒のみが断面図で示されている。このエンジン 1 は、点火プラグ 2 によって各シリンダ 3 内の混合気に対して点火を行うことにより駆動力を発生するようになっている。エンジン 1 は、吸気通路 4 を介して外部から吸入された空気とインジェクタ 5 から噴射された燃料とを混合することで形成される混合気をシリンダ 3 内に吸入するようになっている。吸気バルブ 6 は、シリンダ 3 の内部と吸気通路 4 との間を開閉するようになっている。排気通路 7 は、シリンダ 3 の内部で燃焼された混合気を排ガスとして排気する通路である。排気バルブ 8 は、シリンダ 3 の内部と排気通路 7 との間を開閉するようになっている。

【0038】

30

スロットルバルブ 9 は、シリンダ 3 内に吸入される吸入空気量を調節するためのものであって、吸気通路 4 に配設されている。このスロットルバルブ 9 には、その開度を検出するスロットルポジションセンサ 10 が接続されている。また、スロットルバルブ 9 は、スロットルモータ 11 と連結されており、スロットルモータ 11 の駆動力により開閉されるようになっている。アクセルポジションセンサ 12 は、スロットルバルブ 9 の近傍に配設され、アクセルペダルの操作量（アクセル開度）を検出するようになっている。これらの構成に基き、スロットルバルブ 9 の開度は電子的に制御されるようになっている。即ち、本エンジン 1 には、電子制御スロットル方式が採用されている。

【0039】

また、エンジン 1 は、吸入空気量（吸入空気流量）を検出するエアフローメータ 13、クランクシャフトの位置を検出することでシリンダ 3 内のピストン 15 の位置やエンジン回転速度 NE を求める信号を発生するクランクポジションセンサ 14、同エンジン 1 のノッキングを検出するノックセンサ 16、及び冷却水温を検出する水温センサ 17 を備えている。

40

【0040】

排気浄化触媒（触媒コンバータ、以下、単に「触媒」と称呼することもある。）19 は、排気通路 7 に配設されている。このような触媒は、排気通路上に複数設けられる場合もある。例えば、排気の流れに対して直列に複数設けられる場合や、排気通路が分岐されている構成を備えるエンジンに対しては、各分岐した排気通路に備えられる場合（より具体的には、4 気筒エンジンにおいて、2 気筒の排気管が一つにまとめられた箇所に触媒が一

50

つ配置され、残りの2気筒の排気管が一つにまとめられた箇所にもう一つの触媒が配置される場合)である。本実施形態においては、各シリンダ3の排気管が一つにまとめられた箇所よりも下流側に一つの触媒19が配設されている。

【0041】

エンジン1は、更に、触媒19の温度を測定する触媒温度センサ21、チャコールキャニスタ23、チャコールキャニスタ23に捕集された燃料タンクからの蒸発燃料を吸気通路4にパージさせるパージコントロールバルブ24、触媒19の上流側に取り付けられた上流側空燃比センサ25、及び触媒19の下流側に取り付けられた下流側空燃比センサ26を備えている。

【0042】

前記空燃比センサ25、26は、各取付位置における排ガス中の酸素濃度から同排ガスの空燃比(排ガスの排気空燃比、排気空燃比)をそれぞれ検出するようになっている。空燃比センサ25は、空燃比をリニアに検出するリニア空燃比センサであり、空燃比センサ26は、空燃比がリッチであるかリーンであるかを識別する濃淡電池型センサである。

【0043】

上述した点火プラグ2、インジェクタ5、スロットルポジションセンサ10、スロットルモータ11、アクセルポジションセンサ12、エアフローメータ13、クランクポジションセンサ14、ノックセンサ16、水温センサ17、触媒温度センサ21、パージコントロールバルブ24、上流側空燃比センサ25、及び下流側空燃比センサ26は、エンジン1を制御する電子制御ユニット(ECU)18と接続されており、ECU18からの信号に基づいて制御され、或いは、検出結果をECU18に対して送出手になるようになっている。

【0044】

ECU18は、演算を行うCPU、演算結果などの各種情報を記録するRAM、バッテリーによって記憶内容が保持されるバックアップRAM、及び制御プログラム等を格納したROMを備えていて、各種演算を行い、インジェクタ5から噴射する燃料噴射量の制御、点火時期の制御、酸素吸蔵量の算出、後述するモデル補正、及び上記センサの診断等を行うようになっている。

【0045】

(触媒の酸素吸蔵作用)

次に、触媒19の構成及び酸素吸蔵作用について説明する。

【0046】

触媒19は、図2に外観を示したように、断面が楕円形(断面積が dA 一定)の柱状のモノリス触媒コンバータと称される三元触媒であり、軸に直交する平面で同触媒19を切断した拡大断面図である図3に示したように、セラミックの一種であるコーゼライトからなる担体19aにより、その内部が軸方向に延在する軸線方向空間に細分されている。各軸線方向空間は、軸線に垂直な平面で切断すると略正形状を有していて、セルとも称呼される。担体19aは、アルミナのコート層19bによりコーティングされており、同コート層19bは白金(Pt)等の貴金属からなる活性成分(触媒成分)及びセリア(CeO_2)等の成分を担持している。

【0047】

かかる触媒19は、同触媒19に流入するガスの空燃比が理論空燃比のときに未燃成分($H C$ 、 $C O$)を酸化し、同時に窒素酸化物($N O x$)を還元する機能(これを「触媒機能」又は「酸化還元機能」と云う。)を有する。また、触媒19は、上記セリア等の成分を担持することにより、同触媒19に流入する排ガス中の酸素分子を吸蔵(貯蔵、吸着)及び放出する性質(以下、「酸素吸蔵機能」と称呼する。)を有していて、この酸素吸蔵機能により、空燃比が理論空燃比からある程度まで偏移したとしても、 $H C$ 、 $C O$ 、及び $N O x$ を浄化することができる。

【0048】

即ち、触媒19は、機関の吸入する混合気の空燃比(以下、単に「機関の空燃比」とも

10

20

30

40

50

称呼する。この機関の空燃比は触媒に流入するガスの空燃比である「排気空燃比」と等しい。) がリーンとなって触媒 19 に流入するガスに過剰の酸素及び窒素酸化物 NO_x が多量に含まれると、同過剰の酸素を吸蔵するとともに、同窒素酸化物 NO_x から酸素を奪って (NO_x を還元して) 同酸素を吸蔵し、これにより NO_x を浄化する。また、触媒 19 は、機関の空燃比がリッチになって同触媒 19 に流入するガスに炭化水素 HC や一酸化炭素 CO 等の未燃成分が多量に含まれると、内部に吸蔵している酸素分子をこれらの未燃成分に与えて同未燃成分を酸化し、これにより HC 、 CO を浄化する。

【0049】

従って、触媒 19 が酸素を吸蔵し得る限界まで酸素を吸蔵していると(換言すれば、酸素吸蔵量 OSA が最大酸素吸蔵量 $\text{OSAm}_{\text{ax}} = C_{\text{max}}$ に到達していると)、同触媒 19 に流入するガスの排気空燃比がリーンとなったときに酸素を吸蔵することができないので、排ガス中の NO_x を十分に浄化できなくなる。一方、触媒 19 が酸素を放出しきっていて酸素を全く吸蔵していなければ(換言すれば、酸素吸蔵量 OSA が「0」になっていると)、同触媒 19 に流入するガスの排気空燃比がリッチとなったときに酸素を放出することができないので、排ガス中の HC や CO を十分に浄化できなくなる。このため、触媒 19 に流入するガスの空燃比が過渡的に相当のリーン空燃比又は相当のリッチ空燃比となった場合であっても、同ガス中の有害成分を十分に浄化できるように、触媒 19 の酸素吸蔵量 OSA を精度良く推定するとともに、同酸素吸蔵量 OSA を所定の値に維持するように同触媒 19 に流入するガスの空燃比を制御しておくことが望ましい。

【0050】

また、触媒 19 にリーンな空燃比のガスが流入したときには、同触媒 19 の上流側においてより多くの酸素が吸蔵され、同触媒 19 にリッチな空燃比のガスが流入したときには、同触媒 19 の上流側から吸蔵されている酸素が消費されて行く。従って、同触媒 19 の最上流位置から任意の位置までの酸素吸蔵量 OSA の合計量を推定し、同推定値に基く空燃比制御を行えば、触媒 19 全体の酸素吸蔵量が「0」または最大酸素吸蔵量 C_{max} に到達することが回避し易くなるので、同空燃比の制御に不可避的な制御遅れが存在していても、エミッションを効果的に低減できる。さらに、触媒 19 から流出するガス(又は触媒 19 の一部又は全部により浄化されたガス)に含まれる特定のガス成分の濃度を推定できれば、同ガス成分に着目した空燃比制御を行うことで、同ガス成分の排出を高精度に抑制することができる。

【0051】

以上の要求から、本空燃比制御装置は、推定モデル(触媒モデル)を使用することにより、特定ガス成分の濃度(排出量)と酸素吸蔵量を推定する。これらの推定値が、排気浄化触媒の全部又はその内部の所定領域(一部)から流出する排ガス中に含まれる少なくとも一つの特定成分の排出量又は流出する排ガスの状態を示す少なくとも一つの代表値である。

【0052】

(触媒モデル)

以下、触媒モデルについて説明すると、先ず、図 4 に模式的に示したように、触媒 19 をガスの入口(流入側) F_r から出口(流出側) R_r に向う軸線に直交する面により複数の領域(「ブロック」とも称呼する。)に分割する。即ち、触媒 19 を排ガスの流れ方向に沿って、複数の領域に分割する。分割された各領域の軸線方向の長さは L (微小の長さであり dx と書く。)である。上述したように、触媒 19 の断面積は dA 一定である。

【0053】

なお、この触媒モデルは、触媒を複数の領域に分割して構築されたモデルであるが、触媒全体を以下に述べる一つの領域として考えることにより、同触媒 19 を複数の領域に分割することなく触媒モデルを構築することもできる。

【0054】

次に、分割された領域のうちの任意の特定領域に注目し、同特定領域を通過する特定の化学種(特定成分)の物質の収支を考える。化学種は、排ガス中に含まれる成分であり、

例えば、酸素 O_2 、一酸化炭素 CO 、炭化水素 HC 、及び窒素酸化物 NO_x である。なお、化学種は、触媒に流入する排ガスの空燃比がリッチのときに同排ガス中に含まれる成分を総合したもの（リッチ成分）、或いは、触媒に流入する排ガスの空燃比がリーンのときに同排ガス中に含まれる成分を総合したもの（リーン成分）とすることもできる。

【 0 0 5 5 】

ここで、本触媒モデルで使用する種々の値を次の表 1 のように定義する。

【 0 0 5 6 】

【表 1】

値	単位	定義・説明
C_g	mol/m^3	特定領域における排ガス相の化学種の濃度
C_{gin}	mol/m^3	特定領域に流入する化学種の濃度
C_{gout}	mol/m^3	特定領域から流出する化学種の濃度
C_w	mol/m^3	特定領域のコート層における化学種の濃度
S_{geo}	m^2/m^3	幾何学的表面積。特定領域において触媒が単位体積あたりに有している表面積
σ	無次元	開口率。特定領域の軸線に垂直な断面の断面積に対するガスが通過する空間の同軸線に垂直な断面の断面積
h_D	m/s	化学種及びその温度等により異なり、実験的に求められる、物質伝達率
v_g	m/s	特定領域に流入するガスの流速
R	$mol/(m^3 \cdot s)$	着目している化学種が消費される場合に正の値、同化学種が生成される場合に負の値となるように決定される、コート層での化学種の消費速度
$R_{stor,i}$	$mol/(m^3 \cdot s)$	化学種 i によりコート層に酸素が吸蔵される速度（酸素の吸蔵速度）、即ち、コート層に酸素をもたらす化学種（ストレージ・エージェント）の消費速度
$R_{redcu,i}$	$mol/(m^3 \cdot s)$	コート層で酸素を消費する化学種 i （リダクション・エージェント）の消費速度
$R_{rel,i}$	$mol/(m^3 \cdot s)$	化学種 i によりコート層に吸蔵されている酸素が放出される速度（酸素の放出速度）
O_{st}	mol/m^3	コート層の酸素吸蔵密度
O_{stmax}	mol/m^3	コート層の酸素吸蔵能（Oxygen Storage Capacity）、即ち、触媒の組成、劣化度、及び温度等により決定される最大酸素吸蔵密度

【 0 0 5 7 】

いま、時刻 $t \sim t + \Delta t$ の所与の期間における特定領域での化学種の収支を考えると、図 5 に示したように、特定領域の排ガス相（単に、「ガス相」とも称呼する。）における化学種の変化量 ΔM は、下記の (1) 式に示したとおり、同特定領域に流入した同化学種の量 M_{in} から、同特定領域から流出した同化学種の量 M_{out} とコート層に奪われた同化学種の量 M_{coat} とを減算した量と等しい。このように、触媒モデルは特定領域における特定成分の物質収支に基づいて構築される。

【数 1】

$$\Delta M = M_{in} - M_{out} - M_{coat} \cdots (1)$$

【0058】

以下、(1)式の各項について個別に検討する。まず、(1)式の左辺にある化学種の変化量 ΔM は、下記(2)式により求めることができる。(2)式は、上記所与の期間における化学種の濃度変化量（化学種の濃度 C_g の時間変化量を所与の期間に渡り積分した量）に微小体積 $\sigma \cdot dA \cdot dx$ を乗じた値を特定領域に渡って（軸方向に）積分したものである。

【数 2】

$$\Delta M = \int_W^E \sigma \cdot dA \cdot \left[\int_t^{t+\Delta t} \frac{\partial C_g}{\partial t} dt \right] dx \cdots (2)$$

10

【0059】

(1)式の右辺第1項の M_{in} は、単位時間あたりに特定領域に流入するガスの体積に相当する値である「特定領域に流入するガスの流速 v_{gin} と同特定領域の断面積 dA の積 $v_{gin} \cdot dA$ （実際には、断面積 dA で開口率 σ の触媒内に流速 V_{gin} のガスが流れ込むので、触媒内部でのガスの流速は V_{gin} / σ となり、この実際の流速 V_{gin} / σ と触媒の実質的な断面積 $\sigma \cdot dA$ の積）」に同流入するガス中の化学種の濃度 C_{gin} を乗じた値 $C_{gin} \cdot V_{gin} \cdot dA$ を所与の期間に渡り積分した値である。また、(1)式の右辺第2項の M_{out} は、特定領域から流出するガスの流速 v_{gout} と同特定領域の断面積 dA の積 $v_{gout} \cdot dA$ （実際には、ガスの流速 V_{gout} / σ と実質的な断面積 $\sigma \cdot dA$ の積）に同流出するガス中の同化学種の濃度 C_{gout} を乗じた値 $C_{gout} \cdot v_{gout} \cdot dA$ を所与の期間に渡り積分した値である。即ち、上記(1)式の右辺第1項及び第2項は下記(3)式のように記述することができる。

20

【数 3】

$$\begin{aligned} M_{in} - M_{out} &= \int_t^{t+\Delta t} \left\{ \frac{V_{gin}}{\sigma} \cdot (\sigma \cdot dA) \cdot C_{gin} - \frac{V_{gout}}{\sigma} \cdot (\sigma \cdot dA) \cdot C_{gout} \right\} dt \\ &= \int_t^{t+\Delta t} (v_{gin} \cdot dA \cdot C_{gin} - v_{gout} \cdot dA \cdot C_{gout}) dt \cdots (3) \end{aligned}$$

30

【0060】

ところで、特定領域に流入するガスの流速 v_{gin} と同特定領域から流出するガスの流速 v_{gout} との間に大きな差異はないので、 $v_g = v_{gin} = v_{gout}$ とおくと、(3)式は、下記(4)式のように変形される。

【数 4】

$$\begin{aligned} M_{in} - M_{out} &= \int_t^{t+\Delta t} (-dA \cdot v_g) \cdot (C_{gout} - C_{gin}) dt \\ &= \int_t^{t+\Delta t} (-dA \cdot v_g) \cdot [C_g(x)]_W^E dt \\ &= \int_t^{t+\Delta t} (-dA \cdot v_g) \int_W^E \frac{\partial C_g}{\partial x} dx dt \cdots (4) \end{aligned}$$

40

【0061】

次に、(1)式の右辺第3項のコート層に伝達される（移動する）化学種の量 M_{coat} について検討する。幾何学的表面積 S_{geo} は触媒の単位体積あたりの化学種の反応に寄与する表面積であるから、特定領域において化学種の反応に寄与する表面積は $S_{geo} \cdot dA \cdot dx$ であり、同特定領域の単位長あたりに同反応に寄与する面積は $S_{geo} \cdot dA$ となる。また、コート層に伝達される化学種の量は、フィックの法則から、ガス相の化学種の濃度 C_g とコート層の化学種の濃度 C_w との差に比例すると考えることができる。これらから、下記の(5)式が得ら

50

れる。なお、 h_D は比例定数であるが、上記の表に示したように、物質伝達率と称呼される値である。

【数 5】

$$M_{coat} = \int_W^E \int_t^{t+\Delta t} S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) \cdot dA \, dt \, dx \quad \dots (5)$$

【0062】

従って、上記(1),(2),(4)式、及び(5)式から、以下の(6)式が得られる。

【数 6】

$$\sigma \frac{\partial C_g}{\partial t} = -v_g \cdot \frac{\partial C_g}{\partial x} - S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) \quad \dots (6)$$

10

【0063】

この(6)式に準定常 (quasi state) 近似を適用すると、(6)式の左辺は「0」($\partial C_g / \partial t = 0$) であると考えられるから (即ち、濃度 C_g は瞬間的に定常値に至ると考えられるから)、下記の(7)式が得られる。

【数 7】

$$-v_g \cdot \frac{\partial C_g}{\partial x} = S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) \quad \dots (7)$$

20

【0064】

ここで、見かけの拡散速度 (実質的な拡散速度) R_D を(8)式のようにおけば、(7)式は(9)式に書き直される。

【数 8】

$$R_D = S_{geo} \cdot h_D \quad \dots (8)$$

【数 9】

$$-v_g \cdot \frac{\partial C_g}{\partial x} = R_D \cdot (C_g - C_w) \quad \dots (9)$$

30

【0065】

次に、特定領域のコート層における化学種の収支 (特定成分の物質収支) を上記と同様に考えると、下記(10)式に示したように、コート層内における化学種の時間的变化量 (単位時間あたりの変化量) ΔM_c は、単位時間あたりに排ガス相からコート層へ伝達される同化学種の量 M_d から、同単位時間あたりにコート層にて反応により消費される同化学種の量 M_r を減じた量である。

【数 10】

$$\Delta M_c = M_d - M_r \quad \dots (10)$$

【0066】

(10)式の左辺 (コート層内における化学種の時間的变化量) ΔM_c は、下記(11)式に示したように、化学種の濃度変化 ($\partial C_w / \partial t$) に体積 ($(1 - \sigma) \cdot dA \cdot dx$) を乗じることにより求められ、右辺第1項 (単位時間あたりに排ガス相からコート層へ伝達される化学種の量 M_d) は(5)式で説明した理由と同じ理由により、即ち、フィックの法則から考えると、下記(12)式のように記述することができる。

【数 11】

$$\Delta M_c = (1 - \sigma) \cdot dA \cdot dx \cdot \frac{\partial C_w}{\partial t} \quad \dots (11)$$

40

【数 1 2】

$$Md = S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) \cdot dA \cdot dx \cdots (12)$$

【0 0 6 7】

また、(10)式の右辺第2項（単位時間あたりにコート層にて反応により消費される化学種の量 Mr ）は、コート層での化学種の消費速度 R を用いた下記(13)式により求められる。

【数 1 3】

$$Mr = R \cdot dA \cdot dx \cdots (13)$$

【0 0 6 8】

10

従って、(10)～(13)式から、下記の(14)式が得られる。

【数 1 4】

$$(1 - \sigma) \cdot \frac{\partial C_w}{\partial t} = S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) - R \cdots (14)$$

【0 0 6 9】

この(14)式に準定常（quasi state）近似を適用すると（ $\partial C_w / \partial t = 0$ ）、下記の(15)式が得られる。

【数 1 5】

$$R = S_{geo} \cdot h_D \cdot (C_g - C_w) \cdots (15)$$

20

【0 0 7 0】

ここで、(15)式に(8)式を適用すれば、下記の(16)式が得られる。

【数 1 6】

$$R = R_D \cdot (C_g - C_w) \cdots (16)$$

【0 0 7 1】

以上を要約すると、(9)式及び(16)式が触媒モデルの基本式である。(9)式は、ある化学種の（特定領域への流入量）と（排ガス相からコート層への拡散量＋特定領域からの流出量）とが釣り合っていることを示し、(16)式は、同化学種の（排ガス相からコート層への拡散量）と（コート層での消費量）とが釣り合っていることを示している。

30

【0 0 7 2】

次に、かかる触媒モデルを使用して特定領域から流出する特定の化学種 i の濃度 C_{gout} を実際に算出するための方法について説明する。まず、(9)式を離散化すると、下記(17)式が得られる。なお、以下においては上記 dx を L として表す。

【数 1 7】

$$v_g \cdot \frac{C_{gout} - C_{gin}}{L} = R_D \cdot (C_g - C_w) \cdots (17)$$

【0 0 7 3】

40

ここで、図6に概念的に示したように、特定領域 I から流出する化学種の濃度 C_{gout} は同特定領域 I の化学種の濃度 $C_g(I)$ の影響を強く受けると考えられるので、下記の(18)式のように置くことができる。かかる考え方は「風上法」と称呼される。換言すると、風上法とは、「特定領域 I に隣接する上流側の領域（ $I - 1$ ）における濃度 $C_g(I - 1)$ の化学種が、特定領域 I に流入する。」という考え方であり、下記(19)式のように記述することもできる。

【数 1 8】

$$C_{gout} = C_g(I) \cdots (18)$$

【数 1 9】

$$C_{gin} = C_g(I - 1) \cdots (19)$$

【0 0 7 4】

ところで、反応速度論に基けば、ある化学種の消費速度 R は、その化学種のコート層の平均濃度 C_w の関数 f_{cw} （例えば、 C_w の n 乗）となるので、この関数 f_{cw} を最も簡便となるように $f_{cw}(x) = x$ とおけば、同消費速度 R は(20)式にて示したように置くことができる。なお、以下において、(20)式中の R^* を便宜上「消費速度定数」と称呼する。

【数 2 0】

$$R = R^* \cdot C_w \cdots (20)$$

10

【0 0 7 5】

この(20)式を上記(16)式($R = R_D \cdot (C_g - C_w) \cdots (16)$)に適用すると下記(21)式が得られ、同(21)式を変形することにより下記(22)式が得られる。

【数 2 1】

$$R^* \cdot C_w = R_D \cdot (C_g - C_w) \cdots (21)$$

【数 2 2】

$$C_w = \frac{R_D}{R^* + R_D} \cdot C_g \cdots (22)$$

20

【0 0 7 6】

また、上述した風上法によれば、 $C_g = C_{gout}$ であるから、(22)式は下記(23)式に書き換えられる。

【数 2 3】

$$C_w = \frac{R_D}{R^* + R_D} \cdot C_{gout} \cdots (23)$$

【0 0 7 7】

そして、 $C_g = C_{gout}$ なる関係を上記(17)式に適用して C_g を消去するとともに、同(17)式と上記(23)式とから C_w を消去すると、下記(24)式が得られる。

30

【数 2 4】

$$C_{gout} = \frac{v_g}{v_g + \frac{R^* \cdot R_D}{R^* + R_D} \cdot L} \cdot C_{gin} \cdots (24)$$

【0 0 7 8】

そこで、値 SP を下記(25)式のようにおけば、(24)式は(26)式のように書き直すことができる。値 SP は、見かけの拡散速度 R_D と消費速度定数 R^* のうちの小さい方の値に強い影響を受ける値であるから、 C_{gout} の変化が物質の伝達(R_D)又は化学的反応(R^*)の何れにより律速されているかを示す値であり、従って、「反応律速因子」と呼ぶこともできる。

40

【数 2 5】

$$SP = \frac{R^* \cdot R_D}{R^* + R_D} \cdots (25)$$

【数 2 6】

$$C_{gout} = \frac{v_g}{v_g + SP \cdot L} \cdot C_{gin} \cdots (26)$$

【0 0 7 9】

50

以上のことから、消費速度定数 R^* と見かけの拡散速度 R_D とを決定できれば、特定領域に流入する化学種濃度 C_{gin} を与えることにより、(25)式と(26)式とに基づいて同特定領域から流出する化学種の濃度 C_{gout} を求めることができる。以上が、化学種の濃度 C_{gout} を算出する基本的考え方である。

【 0 0 8 0 】

次に、上記消費速度定数 R^* と見かけの拡散速度 R_D を決定するとともに、特定領域から流出する化学種濃度 C_{gout} を求める際のより具体的な方法の一例について説明する。この例（触媒モデル）では、触媒での酸化・還元反応である三元反応は瞬時に且つ完全に終了するものと仮定し、その結果としての酸素の過不足に基く酸素の吸蔵・放出反応に着目することとする。なお、この仮定（触媒モデル）は、現実的であり且つ精度の良いものである。

10

【 0 0 8 1 】

この場合、着目する化学種 i は、例えば、酸素 O_2 や窒素酸化物の一つである一酸化窒素 NO のように酸素を生成する（酸素をもたらす）化学種（ストレージ・エージェント）、及び、一酸化炭素 CO や炭化水素 HC のように酸素を消費する化学種（リダクション・エージェント）から選ばれた化学種である。

【 0 0 8 2 】

また、以下において、ストレージ・エージェントの化学種 i の C_{gout} を $C_{gout,stor,i}$ 、同化学種 i の C_w を $C_{w,stor,i}$ 、同化学種 i の C_{gin} を $C_{gin,stor,i}$ 、同化学種 i の見かけの拡散速度 R_D を $R_{D,i}$ 、同化学種 i の消費速度を $R_{stor,i}$ 、同化学種 i の消費速度定数を $R^*_{stor,i}$ 、及び同化学種 i の反応律速因子 $SP_{stor,i}$ （この場合、化学種 i は O_2 又は NO ）と表す。

20

【 0 0 8 3 】

同様に、リダクション・エージェントの化学種 i の C_{gout} を $C_{gout,red,i}$ 、同化学種 i の C_w を $C_{w,red,i}$ 、同化学種 i の C_{gin} を $C_{gin,red,i}$ 、同化学種 i の見かけの拡散速度 R_D を $R_{D,i}$ 、同化学種 i の消費速度を $R_{red,i}$ 、同化学種 i の消費速度定数を $R^*_{red,i}$ 、及び同化学種 i の反応律速因子 $SP_{red,i}$ （この場合、化学種 i は CO 又は HC 等）と表す。このように各値を表すと、上記(20)、(23)、(25)、(26)式から以下の(27)～(34)式が得られる。

【 数 2 7 】

$$R_{stor,i} = R^*_{stor,i} \cdot C_{w,stor,i} \quad \dots (27)$$

30

【 数 2 8 】

$$C_{w,stor,i} = \frac{R_{D,i}}{R^*_{stor,i} + R_{D,i}} \cdot C_{gout,stor,i} \quad \dots (28)$$

【 数 2 9 】

$$SP_{stor,i} = \frac{R^*_{stor,i} \cdot R_{D,i}}{R^*_{stor,i} + R_{D,i}} \quad \dots (29)$$

40

【 数 3 0 】

$$C_{gout,stor,i} = \frac{vg}{vg + SP_{stor,i} \cdot L} \cdot C_{gin,stor,i} \quad \dots (30)$$

【 数 3 1 】

$$R_{red,i} = R^*_{red,i} \cdot C_{w,red,i} \quad \dots (31)$$

【数 3 2】

$$C_{w, \text{reduc}, i} = \frac{R_{D, i}}{R * \text{reduc}, i + R_{D, i}} \cdot C_{gout, \text{reduc}, i} \dots (32)$$

【数 3 3】

$$S_{\text{Preduc}, i} = \frac{R * \text{reduc}, i \cdot R_{D, i}}{R * \text{reduc}, i + R_{D, i}} \dots (33)$$

【数 3 4】

$$C_{gout, \text{reduc}, i} = \frac{v_g}{v_g + S_{\text{Preduc}, i} \cdot L} \cdot C_{gin, \text{reduc}, i} \dots (34)$$

10

【0 0 8 4】

これらの式に基づいて、 $C_{gout, \text{sotr}, i}$ （具体的には、特定領域から流出する酸素の濃度 C_{gout, O_2} 、特定領域から流出する一酸化窒素の濃度 $C_{gout, NO}$ ）及び $C_{gout, \text{reduc}, i}$ （具体的には、特定領域から流出する一酸化炭素の濃度 $C_{gout, CO}$ 、特定領域から流出する炭化水素の濃度 $C_{gout, HC}$ ）を求めるため、先ず、消費速度定数 $R * \text{stor}, i$ 及び消費速度定数 $R * \text{reduc}, i$ を求める。

【0 0 8 5】

ところで、反応速度論によれば、特定領域のコート層で酸素が吸蔵される速度（酸素の吸蔵速度） $R * \text{stor}, i$ は、同コート層のストレージ・エージェント（ O_2 、 NO_x 等）の濃度 $C_{w, \text{stor}, i}$ （例えば、 C_{w, O_2} 、 $C_{w, NO}$ ）の関数 $f_1(C_{w, \text{stor}, i})$ の値に比例するとともに、特定領域のコート層の最大酸素吸蔵密度と実際の（その時点における）酸素吸蔵密度との差（ $O_{\text{stmax}} - O_{\text{st}}$ ）の関数 $f_2(O_{\text{stmax}} - O_{\text{st}})$ の値とに比例すると考えられる。この最大酸素吸蔵密度と酸素吸蔵密度との差（ $O_{\text{stmax}} - O_{\text{st}}$ ）は、着目している特定領域における酸素吸蔵余裕量を表す。

20

【0 0 8 6】

そこで、簡単のために関数 $f_1(x) = f_2(x) = x$ とすると、下記の (35) 式が得られる。下記 (35) 式の $k * \text{stor}, i$ は酸素吸蔵速度係数（吸蔵側反応速度係数、ストレージ・エージェントの消費速度係数）であって、よく知られたアレニウスの式で表される温度に依存して変化する係数であり、別途検出又は推定される触媒温度 Temp と所定の関数（酸素吸蔵速度係数 $k * \text{stor}, i$ と触媒温度 Temp との間の関係を規定したマップでも良い。）とに基づいて求めることができる。なお、酸素吸蔵速度係数 $k * \text{stor}, i$ は、触媒劣化程度に応じて変化するので、同触媒劣化程度に応じて求めてもよい。

30

【数 3 5】

$$R * \text{stor}, i = k * \text{stor}, i \cdot C_{w, \text{stor}, i} \cdot (O_{\text{stmax}} - O_{\text{st}}) \dots (35)$$

【0 0 8 7】

従って、(27) 式と (35) 式とから、消費速度定数 $R * \text{stor}, i$ は下記 (36) 式により求めることができる。

40

【数 3 6】

$$R * \text{stor}, i = k * \text{stor}, i \cdot (O_{\text{stmax}} - O_{\text{st}}) \dots (36)$$

【0 0 8 8】

また、酸素の吸蔵（吸着）と放出のみに着目しているこのモデルにおいては、還元剤であるリダクション・エージェントはコート層に吸蔵されている酸素の放出のみに使用されるから、同リダクション・エージェントの消費速度 $R * \text{reduc}, i$ はコート層に吸蔵されている酸素が放出される速度（酸素の放出速度） $R * \text{rel}, i$ と等しい。

【0 0 8 9】

そこで、酸素の放出速度 $R * \text{rel}, i$ について検討すると、同放出速度 $R * \text{rel}, i$ は、酸素の吸蔵

50

速度 $R_{stor,i}$ と同様に反応速度論に基き、同コート層において酸素を消費する化学種（例えば、 CO 、 HC ）の濃度 $C_{w,redc,i}$ （例えば、 $C_{w,CO}$ 、 $C_{w,HC}$ ）の関数 $g1(C_{w,redc,i})$ の値に比例するとともに、酸素吸蔵密度 Ost の関数 $g2(Ost)$ の値とに比例すると考えられる。

【0090】

そこで、簡単のために関数 $g1(x) = g2(x) = x$ とすると、下記の(37)式が得られる。下記(37)式の $k_{rel,i}$ は酸素放出速度係数（吸脱側反応速度係数）であって、酸素吸蔵速度係数 $k_{stor,i}$ と同様にアレニウスの式で表される温度に依存して変化する係数であり、別途検出又は推定される触媒温度 $Temp$ に基づいて所定の関数（酸素放出速度係数 $k_{rel,i}$ と触媒温度 $Temp$ との間の関係を規定したマップでも良い。）に基づいて求めることができる。なお、酸素放出速度係数 $k_{rel,i}$ は、触媒劣化程度に応じても変化するもので、同触媒劣化程度に応じて求めてもよい。

10

【数37】

$$R_{rel,i} = k_{rel,i} \cdot C_{w,redc,i} \cdot Ost \quad \cdots (37)$$

【0091】

この結果、上述したようにリダクション・エージェントの消費速度 $R_{redc,i}$ はコート層の酸素の放出速度 $R_{rel,i}$ と等しいから、消費速度定数 $R^*_{redc,i}$ は(31)式と(37)式とを比較することにより得られる下記(38)式に基づいて求めることができる。

【数38】

$$R^*_{redc,i} = k_{rel,i} \cdot Ost \quad \cdots (38)$$

20

【0092】

以上のことから、酸素吸蔵密度 Ost が求められれば（酸素吸蔵密度 Ost の求め方については、後述する。）、(36)式から消費速度定数 $R^*_{stor,i}$ （例えば、 R^*_{O2} ）を求めることができる。一方、見かけの拡散速度 R_D,i （例えば、 $R_D,O2$ ）は(8)式のように $S_{geo} \cdot h_D,i$ であるから、温度と流量の関数（触媒の温度と同触媒を通過するガスの流量の関数）として実験的に求めておくことができる。この結果、(29)式から $SP_{stor,i}$ （例えば、 $SP_{stor,O2}$ ）が決定されるので、境界条件として $C_{gin,stor,i}$ （例えば、 $C_{gin,O2}$ ）が与えられるとき、(30)式から $C_{gout,stor,i}$ （例えば、 $C_{out,O2}$ ）が求められる。そして、新たな $C_{w,stor,i}$ （例えば、 $C_{w,O2}$ ）が(28)式により求められる。

30

【0093】

同様に、酸素吸蔵密度 Ost が求められれば、(38)式から消費速度定数 $R^*_{redc,i}$ （例えば、 $R^*_{redc,CO}$ ）を求めることができる。一方、見かけの拡散速度 R_D,i （例えば、 R_D,CO ）は(8)式のように $S_{geo} \cdot h_D,i$ であるから、温度と流量の関数（触媒の温度と同触媒を通過するガスの流量の関数）として実験的に求めておくことができる。この結果、(33)式から $SP_{redc,i}$ （例えば、 $SP_{redc,CO}$ ）が決定されるので、境界条件として $C_{gin,redc,i}$ （例えば、 $C_{gin,CO}$ ）が与えられるとき、(34)式から $C_{gout,redc,i}$ （例えば、 $C_{gout,CO}$ ）が求められる。そして、新たな $C_{w,redc,i}$ （例えば、 $C_{w,CO}$ ）が(32)式により求められる。

【0094】

次に、 $C_{gout,stor,i}$ 、 $C_{gout,redc,i}$ を求めるために必要となる酸素吸蔵密度 Ost の求め方について説明する。

40

【0095】

先ず、コート層での化学種としての酸素の収支について着目すると、同収支はコート層での酸素の吸蔵分と酸素の放出分の差であるから、下記(39)式により記述される。(39)式で $dA \cdot L$ は特定領域の体積 dV である。

【数 3 9】

$$(1 - \sigma) \cdot dA \cdot L \cdot \frac{dOst}{dt}$$

$$= (1 - \sigma) \cdot dA \cdot L \cdot \sum_i Rstor,i - (1 - \sigma) \cdot dA \cdot L \cdot \sum_i Rrel,i \quad \dots (39)$$

【0 0 9 6】

この(39)式を変形すると、下記(40)式が得られる。

【数 4 0】

$$\frac{dOst}{dt} = \sum_i Rstor,i - \sum_i Rrel,i \quad \dots (40)$$

10

【0 0 9 7】

この(40)式を、(35)式と(37)式とを用いながら離散化すると、下記の(41)式が得られる。

【数 4 1】

$$\frac{Ost(t + \Delta t) - Ost(t)}{\Delta t}$$

$$= \sum_i (kstor,i \cdot Cw,stor,i) \cdot \{ (Ostmax - Ost(t + \Delta t)) \} - \sum_i (krel,i \cdot Cw,redc,i) \cdot Ost(t + \Delta t) \quad \dots (41) \quad 20$$

【0 0 9 8】

この(41)式を変形すると、下記(42)式～(44)式が得られ、これらから酸素吸蔵密度Ostを求めること(更新して行くこと)ができる。

【数 4 2】

$$Ost(t + \Delta t) = \frac{Ost(t) + \Delta t \cdot P \cdot Ostmax}{1 + \Delta t \cdot Q} \quad \dots (42)$$

【数 4 3】

$$P = \sum_i kstor,i \cdot Cw,stor,i \quad \dots (43)$$

30

【数 4 4】

$$Q = \sum_i kstor,i \cdot Cw,stor,i + \sum_i krel,i \cdot Cw,redc,i \quad \dots (44)$$

【0 0 9 9】

このように、式(42)～(44)式から酸素吸蔵密度Ostが求められるので、上述したようにCgout,stor,i、Cgout,redc,iを求めることができる。また、酸素吸蔵密度Ostが求められるから、下記(45)式に基づいて特定領域の酸素吸蔵量OSAを求めることができる。

【数 4 5】

$$OSA = Ost \cdot dA \cdot L \quad \dots (45)$$

40

【0 1 0 0】

従って、触媒に流入する化学種濃度Cgin,iが境界条件として与えられたとき、触媒上流のブロック(特定領域)から、順次、(45)式を用いて各ブロックの酸素吸蔵量OSAを求めることができ、これにより、触媒内部の酸素吸蔵量の分布が精度良く推定される。また、各ブロックの酸素吸蔵量OSAを触媒全体について積算すれば、同触媒全体の酸素吸蔵量についても精度良く推定することができる。

【0 1 0 1】

次に、実際の触媒における酸素O2、一酸化炭素CO、炭化水素HC、及び窒素酸化物(ここ

50

では一酸化窒素) NOの各化学種濃度Cgout,O2、Cgout,CO、Cgout,HC、及びCgout,NOを求めるための具体的方法の一例について、フローチャートを用いて説明する。この例においても、触媒での酸化・還元反応である三元反応は瞬時に且つ完全に終了するものと仮定し、その結果としての酸素の過不足に基づく酸素の吸蔵・放出反応にのみ着目することとする。

【0102】

ECU18のCPUは、図7から図11の一連のフローチャートにより示されたプログラムを所定時間の経過毎に図7のプログラムから順に実行するようになっている。また、これらのプログラムは、触媒19を多数のブロック(特定領域)に分割し、そのうちの一つのブロックIについてのプログラムであって、全く同様なプログラムが他のブロックについても同時並行的にCPUにより実行されている。

10

【0103】

CPUは所定のタイミングになると図7のステップ700から処理を開始し、ステップ705に進んで前回の本プログラムの演算時において後述するステップ745にて算出されたコート層の酸素濃度Cw,O2(k+1)を今回のコート層の酸素濃度Cw,O2の値であるCw,O2(k)に設定し、続くステップ710にて前回の本プログラムの演算時において後述する図11のステップ1125にて算出された酸素吸蔵密度Ost(k+1)を今回の酸素吸蔵密度Ostの値Ost(k)に設定する。

【0104】

次に、CPUは、ステップ715にて触媒19の温度Tempと同触媒19の劣化程度を表す劣化指標値REKKAと図12に示したようなマップ(ルックアップテーブル)MapkstorO2とから酸素吸蔵速度係数kstor,O2(k)を決定する。

20

【0105】

触媒温度Tempは、温度センサ21によって検出してもよいし、エンジン1の運転状態(例えば、吸入空気量Gaとエンジン回転速度NE)に応じて推定してもよい。

【0106】

劣化指標値REKKAは、触媒19の最大酸素吸蔵量Cmaxに応じて求められる値(例えば、最大酸素吸蔵量Cmaxの単調増加関数)である。最大酸素吸蔵量Cmaxは、次のようにして求められる。即ち、エンジン1が所定の定常運転状態にある場合に、下流側センサ26が理論空燃比よりリーンな空燃比を検出しているとき、触媒19に流入するガスの空燃比を所定のリッチ空燃比に維持し、これにより触媒19内に貯蔵されている酸素を総べて消費する。

30

【0107】

その結果、下流側センサ26が理論空燃比よりリーンな空燃比に対応する値から理論空燃比よりリッチな空燃比に対応する値を出力すると、その時点t1から触媒19に流入するガスの空燃比を所定のリーン空燃比に設定し、次に下流側センサ26が理論空燃比よりリッチな空燃比に対応する値から理論空燃比よりリーンな空燃比に対応する値を出力する時点t2までに、同触媒19に流入するガス中に含まれる酸素の量を下記(46)式、及び(47)式に基づいて求める。この(47)式により求められる積算値O2storage(=Cmax1)を最大酸素吸蔵量Cmaxとして採用する。

【数46】

40

$$\Delta O_2 = 0.23 \cdot G_f \cdot (AF - AF_{stoich}) \quad \dots (46)$$

- 0.23 : 空気中の酸素の重量割合
 AF : 触媒19に流入する排気ガスの空燃比
 (空燃比センサ25により検出される空燃比)
 AFstoich : 理論空燃比(理想空燃比、ストイキ空燃比)
 Gf : 単位時間あたりの供給燃料質量

【数 4 7】

$$O2_{storage} = \sum \Delta O_2 (\text{積算区間 } t1 \sim t2) \cdots (47)$$

【0 1 0 8】

なお、時点 t_2 の後、触媒 19 に流入するガスの空燃比を所定のリッチ空燃比に維持し、次に下流側センサ 26 が理論空燃比よりリーンな空燃比に対応する値から理論空燃比よりリッチな空燃比に対応する値を出力する時点 t_3 までに、同触媒 19 に流入するガス中に含まれる単位時間あたりの酸素の不足量を上記(46)式と同様な式により求め、上記(47)式と同様な式により同単位時間あたりの酸素の不足量を時点 $t_2 \sim t_3$ に渡って積算し、これにより求められる積算値 C_{max2} を最大酸素吸蔵量 C_{max} として採用してもよく、前記最大酸素吸蔵量 C_{max1} とこの最大酸素吸蔵量 C_{max2} との平均値を最大酸素吸蔵量 C_{max} として採用してもよい。

【0 1 0 9】

次いで、CPU は、ステップ 720 にて同ステップ 720 内に記載した式（上記(36)式を参照。）に従って酸素の消費速度定数 $R_{stor, O2}(k)$ を求める。なお、ステップ 720 にて用いる最大酸素吸蔵密度 O_{stmax} は、一定値としてもよいが、前記触媒劣化指標値 REKKA（又は、最大酸素吸蔵量 C_{max} ）に応じて決定されることが望ましい（以下、同じ。）。その後、CPU はステップ 725 にて見かけの拡散速度 $R_{D, O2}(k)$ を触媒温度 $Temp$ とマップ $MapR_{D, O2}$ とから決定する。

【0 1 1 0】

続いて、CPU はステップ 730 にて酸素の反応律速因子 $SP_{stor, O2}$ を同ステップ 730 内に記載した式（上記(29)式を参照。）により求め、ステップ 735 にて、このプログラムが対象としているブロック I よりも前の（即ち、上流の）ブロック I - 1 から流出する酸素濃度 $C_{gout, O2}(k)$ を、同対象としているブロック I に流入する酸素濃度 $C_{gin, O2}(k)$ として取り込む。

【0 1 1 1】

このとき、対象としているブロック I が触媒 19 の最も上流のブロックである場合、前のブロック I - 1 は存在しないから、ステップ 735 における前のブロックの $C_{gout, O2}(k)$ は、同触媒 19 に流入するガスの酸素濃度 $C_{gin, O2}$ である。この触媒 19 に流入するガスの酸素濃度 $C_{gin, O2}$ は、同触媒 19 に流入するガスの空燃比 A/F と同ガスの流量とに基く関数 f_{O2} により求められる。下記の(48)式の右辺は、この関数 f_{O2} の具体例である。

【数 4 8】

$$C_{gin, O2} = kgmol \cdot 0.23 \cdot (Ga + Gf) \cdot (AF - AF_{stoich}) / (1 + AF) \cdots (48)$$

ここで、(48)式中の各記号及び定数は、以下の通りである。

kgmol	: 質量をモル数に変換するための係数
0.23	: 空気中の酸素の重量割合
AF	: 触媒 19 に流入する排気ガスの空燃比 (空燃比センサ 25 により検出される空燃比)
AF _{stoich}	: 理論空燃比(理想空燃比、ストイキ空燃比)
Ga	: 単位時間あたりの吸入空気質量 (エアフローメータ 13 により測定される吸入空気流量)
Gf	: 単位時間あたりの供給燃料質量

【0 1 1 2】

上記(48)式の導出過程を簡単に述べると、触媒 19 に流入する排ガスの空燃比 AF は Ga / Gf であり、 Gf に対して理論空燃比を得るために必要な空気質量を $G_{astoich}$ とすると、理論空燃比 AF_{stoich} は $G_{astoich} / Gf$ となる。一方、供給燃料質量が Ga であるときに空燃比が AF となったとき、理論空燃比 AF_{stoich} を得るために必要な空気質量に対する過剰な空気質量は $Ga - G_{astoich}$ であるから、酸素の質量を $Mass_{O2}$ とおくと、下記(49)式が得られ、この(4

9) 式から上記(48)式が得られる。

【数 4 9】

$$\begin{aligned}
 \text{MassO2} &= 0.23 \cdot (\text{Ga} - \text{Gastoich}) \\
 &= 0.23 \cdot (\text{Gf} \cdot \text{AF} - \text{Gf} \cdot \text{AFstoich}) \\
 &= 0.23 \cdot (\text{Ga} + \text{Gf}) \cdot \frac{\text{Gf} \cdot \text{AF} - \text{Gf} \cdot \text{AFstoich}}{\text{Ga} + \text{Gf}} \\
 &= 0.23 \cdot (\text{Ga} + \text{Gf}) \cdot \frac{\text{AF} - \text{AFstoich}}{(\text{Ga} + \text{Gf}) / \text{Gf}} \quad \dots (49)
 \end{aligned}$$

10

【 0 1 1 3 】

次に、CPUはステップ740に進み、同ステップ740に記述した式(上記(30)式を参照。)に従って $\text{Cgout, O2}(k+1)$ を求める。 vg の値はエアフローメータ13が検出した吸入空気流量とする。このように、ステップ740では、対象としているブロックIから流出する酸素濃度 Cgout, O2 を新たに算出する。次いで、CPUはステップ745に進み、同ステップ745に記述した式(上記(28)式を参照。)に従って $\text{Cw, O2}(k+1)$ を求める。即ち、CPUは、ステップ745にて対象としているブロックIのコート層の酸素濃度 Cw, O2 を新たに算出し、ステップ795を経由して図8に示したステップ800に進む。このように、図7により示したプログラムは、特定領域Iにおける排ガス相の酸素濃度推定手段、及びコート層の酸素濃度推定手段を構成している。

20

【 0 1 1 4 】

次に、CPUはステップ800からステップ805に進んで、前回の本プログラムの演算時において後述するステップ840にて算出されたコート層の一酸化炭素 $\text{Cw, CO}(k+1)$ を今回のコート層の一酸化炭素濃度 Cw, CO の値である $\text{Cw, CO}(k)$ に設定する。

【 0 1 1 5 】

次に、CPUは、ステップ810にて触媒19の温度 Temp と同触媒19の劣化指標値 REKKA と図12に示したようなマップ MapkreI, CO とから係数 $\text{krel, CO}(k)$ を決定し、続く、ステップ815にて同ステップ815内に記載した式(上記(38)式を参照。)に従って消費速度定数 $\text{R*reduc, CO}(k)$ を求め、その後、ステップ820にて見かけの拡散速度 $\text{R}_D, \text{CO}(k)$ を触媒温度 Temp とマップ MapR_D, CO とから決定する。

30

【 0 1 1 6 】

続いて、CPUはステップ825にて一酸化炭素の反応律速因子 SPreduc, CO を同ステップ825内に記載した式(上記(33)式を参照。)により求め、ステップ830にて、このプログラムが対象としているブロックIよりも前の(即ち、上流の)ブロックI-1から流出する一酸化炭素濃度 $\text{Cgout, CO}(k)$ を、同対象としているブロックに流入する一酸化炭素濃度 $\text{Cgin, CO}(k)$ として取り込む。

【 0 1 1 7 】

このとき、対象としているブロックIが触媒19の最も上流のブロックである場合、前のブロックI-1は存在しないから、ステップ830における前のブロックの $\text{Cgout, CO}(k)$ は、同触媒19に流入するガスの一酸化炭素濃度 Cgin, CO であり、同触媒19に流入するガスの空燃比 A/F と一酸化炭素濃度 Cgin, CO との関係を規定した図13に示したマップに基づいて求められる。

40

【 0 1 1 8 】

ここでは、触媒に流入するガスの空燃比 A/F と一酸化炭素濃度 Cgin, CO との関係を予め実験により求めておき、この関係と同触媒に流入する実際の空燃比 A/F とに基づいて上記一酸化炭素濃度 Cgin, CO を求めているが、空燃比 A/F の他、点火時期、エンジン1の冷却水温、及び触媒に流入するガス量(例えば、エアフローメータ13により検出される吸入空気流量と等しい量)等のパラメータの一つ以上と一酸化炭素濃度 Cgin, CO との関係を予め実験により求めておき、この関係と実際のパラメータとにも基づいて一酸化炭素濃度 Cgin, C

50

0を更に精度良く求めてもよい。

【0119】

次に、CPUはステップ835に進み、同ステップ835に記述した式(上記(34)式を参照。)に従って $C_{gout,CO}(k+1)$ を求める。即ち、対象としているブロックIから流出する一酸化炭素濃度 $C_{gout,CO}$ を新たに算出する。次いで、CPUはステップ840に進み、同ステップ840に記述した式(上記(32)式を参照。)に従って $C_{w,CO}(k+1)$ を求める。即ち、CPUは、ステップ840にて対象としているブロックIのコート層の一酸化炭素濃度 $C_{w,CO}$ を新たに算出し、ステップ895を経由して図9に示したステップ900に進む。このように、図8により示したプログラムは、特定領域Iにおける排ガス相の一酸化炭素濃度推定手段、及びコート層の一酸化炭素濃度推定手段を構成している。

10

【0120】

図9に示したプログラムは、炭化水素HCについての演算を行うプログラムであり、一酸化炭素COについての演算を行うための先に説明した図8のプログラムと同様なプログラムである。

【0121】

簡単に説明すると、CPUはステップ900からステップ905に進んで、前回の本プログラムの演算時において後述するステップ940にて算出されたコート層の一酸化炭素 $C_{w,HC}(k+1)$ を今回のコート層の一酸化炭素濃度 $C_{w,HC}$ の値である $C_{w,HC}(k)$ に設定する。

【0122】

次に、CPUは、ステップ910にて触媒19の温度 $Temp$ と同触媒19の劣化指標値 RE_{KKA} と図12に示したようなマップ Map_{kreIHC} とから係数 $kreI,HC(k)$ を決定し、続く、ステップ915にて同ステップ915内に記載した式(上記(38)式を参照。)に従って消費速度定数 $R_{*reduc,HC}(k)$ を求め、その後、ステップ920にて見かけの拡散速度 $R_D,HC(k)$ を触媒温度 $Temp$ とマップ $Map_{R_D,HC}$ とから決定する。

20

【0123】

続いて、CPUはステップ925にて炭化水素の反応律速因子 $SP_{reduc,HC}$ を同ステップ925内に記載した式(上記(33)式を参照。)により求め、ステップ930にて、このプログラムが対象としているブロックIよりも前の(即ち、上流の)ブロックI-1から流出する炭化水素濃度 $C_{gout,HC}(k)$ を、同対象としているブロックに流入する炭化水素濃度 $C_{gin,HC}(k)$ として取り込む。

30

【0124】

このとき、このプログラムが対象としているブロックIが触媒19の最も上流のブロックである場合、前のブロックI-1は存在せず、ステップ930における $C_{gout,HC}(k)$ は、同触媒19に流入するガスの炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ である。この場合、触媒19に流入するガスの空燃比 A/F と炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ との関係は図14のグラフに示したようであり、エンジン1の排気温度と炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ との関係は図15のグラフに示したようであるから、触媒19に流入するガスの空燃比 A/F 及びエンジン1の排気温度と炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ との関係を予め実験により求めてマップとして記憶しておき、実際のガスの空燃比 A/F 及び実際のエンジン1の排気温度と同マップとから炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ を求める。

40

【0125】

なお、上記炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ を求めるにあたり、空燃比 A/F 及びエンジン1の排気温度の他、点火時期、エンジン1の冷却水温、及び触媒に流入するガス量(例えば、エアフローメータ13により検出される吸入空気流量と等しい量)等のパラメータの一つ以上と炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ との関係を予め実験により求めておき、この関係と実際のパラメータともに基づいて上記炭化水素濃度 $C_{gin,HC}$ を更に精度良く求めてもよい。

【0126】

次に、CPUはステップ935に進み、同ステップ935に記述した式(上記(34)式を参照。)に従って $C_{gout,HC}(k+1)$ を求める。即ち、対象としているブロックIから流出する一酸化炭素濃度 $C_{gout,HC}$ を新たに算出する。次いで、CPUはステップ940に進み、

50

同ステップ 9 4 0 に記述した式（上記(32)式を参照。）に従って $C_{w,HC}(k+1)$ を求める。即ち、CPUは、ステップ 9 4 0 にて対象としているブロック I のコート層の一酸化炭素濃度 $C_{w,HC}$ を新たに算出し、ステップ 9 9 5 を経由して図 1 0 に示したステップ 1 0 0 0 に進む。このように、図 9 により示したプログラムは、特定領域 I における排ガス相の炭化水素濃度推定手段、及びコート層の炭化水素濃度推定手段を構成している。

【0 1 2 7】

図 1 0 に示したプログラムは、窒素酸化物（ここでは、窒素酸化物の代表として一酸化窒素NOを選択した。）について、上記図 7 ~ 図 9 に示したプログラムに基づく演算と同様の演算を行うためのプログラムである。

【0 1 2 8】

簡単に説明すると、CPUはステップ 1 0 0 0 からステップ 1 0 0 5 に進んで、前回の本プログラムの演算時において後述するステップ 1 0 4 0 にて算出されたコート層の一酸化窒素 $C_{w,NO}(k+1)$ を今回のコート層の一酸化窒素濃度 $C_{w,NO}$ の値である $C_{w,NO}(k+1)$ に設定する。

【0 1 2 9】

次に、CPUは、ステップ 1 0 1 0 にて触媒 1 9 の温度Tempと同触媒 1 9 の劣化指標値REKKAと図 1 2 に示したようなマップMapkstorNOとから酸素吸蔵速度係数 $k_{stor,NO}(k)$ を決定し、続く、ステップ 1 0 1 5 にて同ステップ 1 0 1 5 内に記載した式（上記(36)式を参照。）に従って消費速度定数 $R^*_{stor,NO}(k)$ を求め、その後、ステップ 1 0 2 0 にて見かけの拡散速度 $R_D,NO(k)$ を触媒温度TempとマップMap R_D,NO とから決定する。

【0 1 3 0】

続いて、CPUはステップ 1 0 2 5 にて一酸化窒素の反応律速因子 $SP_{stor,NO}$ を同ステップ 1 0 2 5 内に記載した式（上記(29)式を参照。）により求め、ステップ 1 0 3 0 にて、このプログラムが対象としているブロック I よりも前の（即ち、上流の）ブロック I - 1 から流出する一酸化窒素濃度 $C_{gout,NO}(k)$ を、同対象としているブロックに流入する一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}(k)$ として取り込む。

【0 1 3 1】

このとき、このプログラムが対象としているブロック I が触媒 1 9 の最も上流のブロックである場合、前のブロック I - 1 は存在せず、ステップ 1 0 3 0 における前のブロックの $C_{gout,NO}(k)$ は、同触媒 1 9 に流入するガスの一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ である。この場合、触媒 1 9 に流入するガスの空燃比A/Fと一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ との関係は図 1 6 のグラフに示したようであり、エンジン 1 の一気筒の一吸気行程あたりの吸入空気流量 Mc （筒内吸入空気量）と一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ との関係は図 1 7 のグラフに示したようであるから、触媒 1 9 に流入するガスの空燃比A/F及び筒内吸入空気量と一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ との関係を予め実験により求めてマップとして記憶しておき、実際のガスの空燃比A/F及び実際の筒内吸入空気量と同マップとから一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ を求める。

【0 1 3 2】

なお、上記一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ を求めるにあたり、触媒に流入するガスの空燃比A/F及び筒内吸入空気量その他、点火時期、エンジン 1 の冷却水温、及び触媒に流入するガス量（例えば、エアフローメータ 1 3 により検出される吸入空気流量と等しい量）等のパラメータの一つ以上と一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ との関係を予め実験により求めておき、この関係と実際のパラメータともに基づいて上記一酸化窒素濃度 $C_{gin,NO}$ を更に精度良く求めてもよい。

【0 1 3 3】

次に、CPUはステップ 1 0 3 5 に進み、同ステップ 1 0 3 5 に記述した式（上記(30)式を参照。）に従って $C_{gout,NO}(k+1)$ を求める。即ち、対象としているブロック I から流出する一酸化窒素濃度 $C_{gout,NO}$ を新たに算出する。次いで、CPUはステップ 1 0 4 0 に進み、同ステップ 1 0 4 0 に記述した式（上記(28)式を参照。）に従って $C_{w,NO}(k+1)$ を求める。即ち、CPUは、ステップ 1 0 4 0 にて対象としているブロック I のコート層の一酸化窒素濃度 $C_{w,NO}$ を新たに算出し、ステップ 1 0 9 5 を経由して図 1 1 に示したステッ

ブ 1 1 0 0 に進む。このように、図 1 0 により示したプログラムは、特定領域 I における排ガス相の一酸化窒素濃度推定手段、及びコート層の一酸化窒素濃度推定手段を構成している。

【 0 1 3 4 】

図 1 1 に示したプログラムは、酸素吸蔵密度（酸素吸蔵濃度） O_{st} を算出するためのプログラムであり、具体的に述べると、CPU はステップ 1 1 0 5 にて上記(43)式に基く同ステップ 1 1 0 5 内に記述した式により係数 P を求めるとともに、続くステップ 1 1 2 0 にて上記(44)式に基く同ステップ 1 1 2 0 に記述した式により係数 Q を求める。次いで、CPU はステップ 1 1 2 5 にて上記(42)式に基く同ステップ 1 1 2 5 に記述した式により酸素吸蔵密度 $O_{st}(k+1)$ を求め、ステップ 1 1 9 5 にて図 7 ~ 図 1 1 に示した本プログラムを一旦終了する。なお、ステップ 1 1 2 5 の次に、上記(45)式に基づいてこのブロックの酸素吸蔵量 OSA_i を求めてから、ステップ 1 1 9 5 に進むように構成してもよい。このように、図 1 1 に示したプログラムは、酸素吸蔵密度算出手段、及び酸素吸蔵量算出手段を構成している。

【 0 1 3 5 】

以上、説明したように、対象としているブロック I の化学種 i の濃度 $C_{gout,i}$ が求められ、上述した風上法を用いることで、順次隣接するブロック I の化学種 i の濃度 $C_{gout,i}$ が求められて行く。同様に、各ブロック I 毎に酸素吸蔵密度 O_{st} が求められ、上述した(45)式を使用することで、同ブロック I の酸素吸蔵量 OSA が求められる。また、このブロック I の酸素吸蔵量 OSA を触媒の入口から任意のブロック K まで積算すれば、同ブロック K までの触媒内の積算酸素吸蔵量 OSA_K が求められ、ブロック K が触媒の出口のブロックであれば、同触媒の酸素吸蔵量 OSA_{all} が求められる。

【 0 1 3 6 】

次に、上述した空燃比制御装置を用いた制御の実施形態について、順次説明する。

【 0 1 3 7 】

まず、第一実施形態について、その制御のフローチャートを示した図 1 8 を参照しながら説明する。本実施形態では、排ガス中の酸素量（実際には、触媒 1 9 から排出される酸素の濃度）と一酸化炭素量（実際には触媒 1 9 から排出される一酸化炭素の濃度）を上述した推定値として求める。また、酸素量は空燃比制御において酸素の過不足量として扱う。つまり、酸素が過剰に存在する場合に酸素量は正の値、酸素が不足している場合に酸素量は負の値とする。更に、本実施形態では、触媒 1 9 全体を一つの領域（特定領域）として考えている。

【 0 1 3 8 】

触媒 1 9 での排ガスの浄化反応においては、排ガス中の浄化すべき成分を酸化させるために（即ち、未燃燃料である炭化水素 HC や一酸化炭素 CO を酸化させるために）酸素が消費される。このため、触媒 1 9 から流出する排ガス中にこれらの酸化すべき成分が含まれているときは、酸素量が不足しているとみなす。即ち、推定値は負の値をとる。なお、ここでは、未燃成分を一酸化炭素 CO で代表させる。

【 0 1 3 9 】

これに対し、排ガス中の浄化すべき成分（窒素酸化物 NO_x ）が還元されることにより生じる酸素、及び流入する排ガス中に含まれる酸素が、触媒 1 9 の酸素吸蔵作用によって同触媒 1 9 に吸蔵しきれない場合、酸素成分が同触媒 1 9 から流出する。このときは、酸素量が過剰であるとみなす。即ち、推定値は正の値をとる。なお、ここでは、酸素吸蔵作用に係る成分を酸素 O_2 で代表させる。

【 0 1 4 0 】

本空燃比制御装置は、この酸素に関する推定値を用いて空燃比制御を行う。具体的に述べると、同装置の CPU は、図 1 8 のフローチャートに示したように、ステップ 1 0 にて上流側空燃比センサ 2 5 が検出する触媒 1 9 に流入する排ガスの空燃比（排気空燃比）を取得し、次のステップ 3 0 にて前回の（本プログラムの前回の実行時における後述するステップ 5 5 にて求めた）酸素吸蔵密度 O_{st} を用いて R_{osc} （即ち $R_{stor,O2}$ 、 $R_{reudc,CO}$ ）及

び R_D ($R_{D,O2}$ 、 $R_{D,CO}$) を算出する。

【 0 1 4 1 】

このとき、触媒 19 に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリーンの場合、 R_D の算出には既に説明した(8)式に基づく以下の(50)式を用い、 R_{osc} の算出には、既に説明した(36)式に基づく以下の(51)式を用いる。

【数 5 0】

$$R_{D,O2} = S_{geo} \cdot h_{D,O2} \quad \cdots (50)$$

【数 5 1】

$$R_{osc} = R_{stor,O2} = k_{stor,O2} \cdot (O_{stmax} - O_{st}) \quad \cdots (51)$$

10

【 0 1 4 2 】

また、触媒 19 に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリッチの場合、 R_D の算出には既に説明した(8)式に基づく以下の(52)式を用い、 R_{osc} の算出には、既に説明した(38)式に基づく以下の(53)式を用いる。

【数 5 2】

$$R_{D,CO} = S_{geo} \cdot h_{D,CO} \quad \cdots (52)$$

【数 5 3】

$$R_{osc} = R_{reduc,CO} = k_{rel,CO} \cdot O_{st} \quad \cdots (53)$$

20

【 0 1 4 3 】

R_{osc} については、例えば温度についての関数となる。ここでは、例えば、 h_D が温度の関数であり、 $k_{stor,O2}$ 、 $k_{rel,CO}$ は図 12 に示したように、温度と触媒劣化度の関数である。温度は温度センサ 21 によって検出され、検出された温度に基づいて ECU 18 内の ROM に格納された関数式やマップから R_{osc} が算出される。

【 0 1 4 4 】

その後、CPU はステップ 40 にて、触媒 19 に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリーンの場合、上述した(30)式を用いて $C_{gout,O2}$ (= C_{goutO2})、触媒 19 に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリッチの場合、上述した(34)式を用いて $C_{gout,CO}$ を算出する。そして、 $C_{gout,CO}$ が求められたときには、 $C_{gout,O2} = -2 \cdot C_{gout,CO}$ として、最終的な $C_{gout,O2}$ を求める。

30

【 0 1 4 5 】

また、ステップ 40 で $C_{gout,O2}$ ($C_{gout,CO}$ で置換する前の $C_{gout,O2}$) 及び $C_{gout,CO}$ を算出するには、 $C_{gin,O2}$ 及び $C_{gin,CO}$ がそれぞれ必要となる。ステップ 40 では、 $C_{gin,O2}$ を上述した(48)式から求めている。このとき、排気空燃比が理論空燃比よりもリッチであり、(48)式に従って計算した $C_{gin,O2}$ が正の値であればその値をそのまま $C_{in,O2}$ として採用し、(48)式に従って計算した $C_{gin,O2}$ が負の値であれば、その値の絶対値の 1/2 を $C_{gin,CO}$ として採用する。

【 0 1 4 6 】

40

次いで、CPU はステップ 50 にてコート層の各化学種濃度 C_w ($C_{w,O2}$ 、 $C_{w,CO}$) を(28)式及び(32)式に基づいて求め、ステップ 55 にて(42)式～(44)式により O_{st} (今回値) を算出するとともに、ステップ 60 にて、空燃比制御用のフィードバック補正量 (F/B 補正量) を、 $(C_{gout,O2} - O_{2ref}) \cdot G$ などから求める。ここで、 O_{2ref} は制御目標 (目標状態)、 G は制御ゲインである。図 19 は、この $C_{gout,O2}$ と F/B 補正量との関係を示したグラフである。本実施形態では、制御目標は所定の範囲として定められている。決定された F/B 補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。

【 0 1 4 7 】

次に、第二実施形態について、その制御のフローチャートを示した図 20 を参照しながら

50

ら説明する。本実施形態では、上述した推定値として、排ガス中のリッチ成分とリーン成分を用いている。また、本実施形態では、触媒 19 全体を一つの領域（特定領域）として考えている。

【0148】

リッチ成分とは、排気空燃比がリッチのときに排ガス中の含有量が増加する成分を総合したもので、触媒 19 から流出する排ガスの状態を示す代表値の一つである。具体的には、排ガスに含まれるのCOやHCの量を一つの指標としてまとめた代表値である。一方、リーン成分とは、排気空燃比がリーンのときに排ガス中の含有量が増加する成分を総合したもので、触媒 19 から流出する排ガスの状態を示す代表値の一つである。具体的には、排ガスに含まれるNO_xやO₂の量を一つの指標としてまとめた代表値である。本実施形態では、上述した二つの推定値を用いて空燃比制御を行うので、Cgoutに関しては、リッチ成分に関するものをCgoutRとおく。つまり、

10

【数54】

$$C_{goutR} = \sum_i C_{gout,red, i}$$

具体的には、CgoutR = Cgout,red,CO + Cgout,red,HC) とする。また、リーン成分に関するものをCgoutLとおく。つまり、

【数55】

$$C_{goutL} = \sum_i C_{gout,stor, i}$$

20

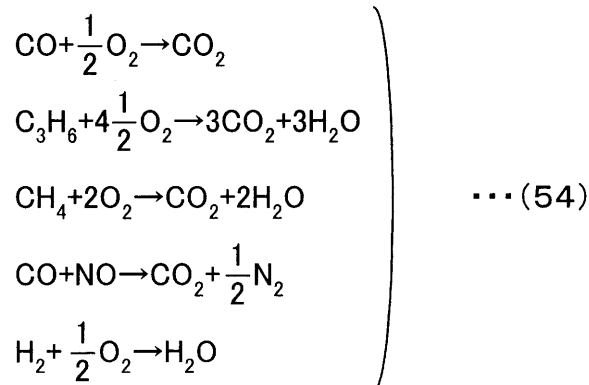
具体的には、CgoutL = Cgout,stor,O₂ + Cgout,stor,NO) とする。本実施形態は、このように定めたCgoutRとCgoutLとを用いて以下の演算を行う。

【0149】

まず、図20のフローチャートに示されるように、CPUはステップ70にてエンジン1の燃焼後の排ガス（触媒19に流入する排ガス）中のリッチ成分CginRとリーン成分CginLとを推定する。かかるリッチ成分CginRとリーン成分CginLの推定においては、触媒19での酸化・還元反応（三元反応）及び酸素吸蔵放出反応を考慮する。三元反応に関連する化学式を(54)式に示す。また、酸素吸蔵放出反応に関連する化学式を(55)式に示す。なお、この酸素吸蔵放出反応における各反応の反応速度係数を、K_{O2}(=K_{stor},O₂)、K_{NO}(=K_{stor},NO)、K_{CO}(=K_{rel},CO)、K_{HC}(=K_{rel},HC)とする。(55)式での酸素の吸蔵・放出においては、酸素吸蔵・放出機能を生じせしめる担持金属をセリウム（Ce）として記載してある。

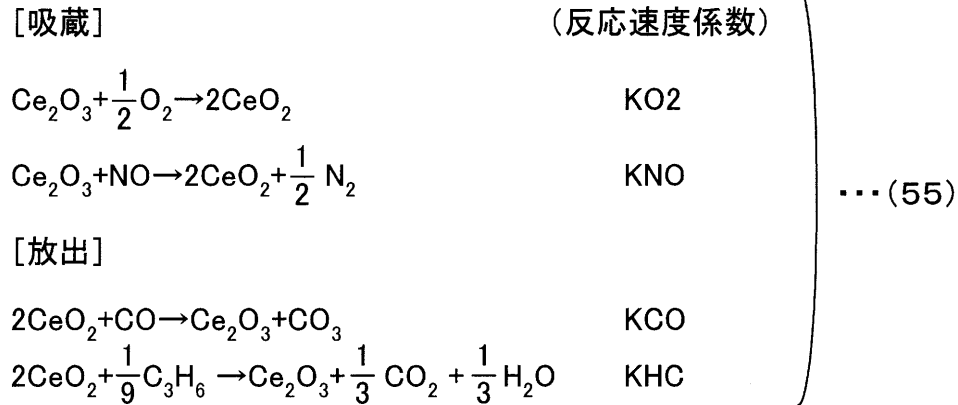
30

【数56】



40

【数 5 7】



10

【0 1 5 0】

次いで、CPUは、ステップ100に進んで上述した第一実施形態と同様に、RosC（即ちR*stor,O2、R*stor,NO、R*reduc,CO、R*reudc,HC）及びR_D（即ちR_D,O2、R_D,NO、R_D,CO、R_D,HC）を算出し、続くステップ110にて、上述した(34)式を用いてCgoutR（=Cgout, reudc,CO + Cgout, reudc,HC）を算出し、(30)式を用いてCgoutL（=Cgout, stor,O2 + Cgout, stor,NO）を算出する。

【0 1 5 1】

20

さらに、CPUはステップ120にてコート層の各化学種濃度Cw（即ちCw,O2、Cw,NO、Cw,CO、Cw,HC）を(28)式及び(32)式を用いて求め、ステップ125にて(42)式～(44)式によりOst（今回値）を算出するとともに、ステップ130にて空燃比制御用のフィードバック補正量（F/B補正量）を、（CgoutR - Ref）×GR + （CgoutL - Ref）×GLから求める。ここで、（CgoutR - Ref）×GRがリッチ成分に対応する部分で、（CgoutL - Ref）×GLがリーン成分に対応する部分である。Refは制御目標（目標状態）、GR、GLは各成分毎に設定される制御ゲインである。

【0 1 5 2】

ここで、CgoutRとCgoutLとが等しくなるように空燃比制御が行われる。即ち、CgoutR及びCgoutLが何れも目標値Refとなるように、各成分に対応するF/B補正量（CgoutR - Ref）×GR、（CgoutL - Ref）×GLが決定される。また、本実施形態では、制御目標は所定の範囲として定められている。決定された補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。

30

【0 1 5 3】

なお、より具体的には、下記(56)式によりフィードバック補正量を計算することになる。

【数 5 8】

$$F/B補正量 = \left(\sum_i \text{Cgout,stor},i - \text{Ref} \right) \cdot \text{GR} + \left(\sum_i \text{Cgout,reudc},i - \text{Ref} \right) \cdot \text{GL} \quad \dots (56)$$

【0 1 5 4】

40

次に、第三実施形態について、その制御のフローチャートを示した図21を参照しながら説明する。本実施形態では、上述した推定値として、排ガス中の酸素排出量、一酸化炭素排出量及び一酸化窒素排出量（実際には、それらの各濃度）を用いている。また、本実施形態では、触媒19全体を一つの領域（特定領域）として考えている。本実施形態では、上述した三つの推定値を用いて空燃比制御を行うので、Cgoutに関しては、酸素排出量に関するものをCgoutO2（Cgout,O2）とし、一酸化炭素排出量に関するものをCgoutCO（Cgout,CO）とし、一酸化窒素排出量に関するものをCgoutNO（Cgout,NO）として説明する。

【0 1 5 5】

まず、CPUは、図21のフローチャートに示されるように、ステップ140にて、エンジン1の燃焼後の排ガス（触媒19に流入する排ガス）中のリッチ成分CginR（Cgin,CO

50

）とリーン成分 $C_{ginL}(C_{gin},O_2, C_{gin},NO)$ とを前述したように推定し、ステップ 170 にて、 R_{sc} （即ち $R^*_{stor},O_2, R^*_{stor},NO, R^*_{reduc},CO$ ）及び R_D （即ち R_D,O_2, R_D,NO, R_D,CO ）を算出する。その後、CPUはステップ 180 にて上述した(34)式を用いて $C_{goutR}(C_{gout},reduc,CO)$ を算出し、(30)式を用いて $C_{goutL}(C_{gout},stor,O_2 = C_{gout}O_2$ と $C_{gout},stor,NO = C_{gout}NO)$ を算出する。

【0156】

さらに、CPUはステップ 190 にてコート層における各化学種濃度 C_w （即ち C_w,O_2, C_w,NO, C_w,CO ）を(28)式及び(32)式を用いて求め、ステップ 195 にて(42)式～(44)式により O_{st} （今回値）を算出する。そして、CPUは、ステップ 200 にて空燃比制御にフィードバックするためのフィードバック補正量（F/B補正量）を、 $(C_{gout}O_2 - O_{2ref}) \times G_{O2} + (C_{gout}NO - NO_{ref}) \times G_{NO} + (C_{gout}CO - CO_{ref}) \times G_{CO}$ から求める。ここで、 $(C_{gout}O_2 - O_{2ref}) \times G_{O2}$ が酸素成分に対応する部分で、 $(C_{gout}NO - NO_{ref}) \times G_{NO}$ が一酸化窒素成分に対応する部分で、 $(C_{gout}CO - CO_{ref}) \times G_{CO}$ が一酸化炭素成分に対応する部分である。 $O_{2ref}, NO_{ref}, CO_{ref}$ は各成分毎の制御目標、 G_{O2}, G_{NO}, G_{CO} は各成分毎に設定される制御ゲインである。決定された補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。なお、本実施形態においても、制御目標を所定の範囲として定めていてもよい。

【0157】

次に、第四実施形態について説明する。本実施形態では、第一実施形態と同様に、上述した推定値として排ガス中の酸素量（触媒 19 から排出される酸素の濃度）を用いるが、その推定値は所定時間後の推定値（現時点から所定時間先の時点の推定値）である。すなわち、本実施形態においては、いわゆる「先読み」による制御を行う。これに伴って、推定値の推定手法も、第一実施形態とは異なる。ここでの推定値（酸素量）も過不足量として把握され、触媒 19 全体が一つの領域（特定領域）として考えられている。

【0158】

推定値（排出酸素過不足量）の推定には上述した第一実施形態と同様の推定モデル（推定方法）が用いられる。本実施形態ではさらに、吸入空気量や燃焼に寄与する燃料量などもモデルを用いて推定する。吸入空気量に関するモデルを、ここでは空気モデルと言うこととし、燃料量に関するモデルを、ここでは燃料挙動モデルと言うこととする。

【0159】

第四実施形態における制御のフローチャートを図 22 に示す。まず、図 22 のフローチャートに示されるように、CPUは上述した空気モデルを用いて、所定時間後の吸入空気量を推定する（ステップ 210）。この空気モデルについての詳しい説明はここでは省略するが、一例としては、吸入空気量を検出する吸気管内圧センサやエアフローメータ 13 の出力に加えて、スロットルバルブ 9 の開度の時間変化やその微積分値、エンジン回転数の時間的変化や微積分値などを用いて、所定時間後の筒内吸入空気量を推定する手法などがある。

【0160】

以下、スロットルバルブ 9 の開度を用いた吸入空気流量の推定方法の一例について簡単に説明する。

- (1) CPUは、アクセルポジションセンサ 12 から現時点のアクセル開度を検出する。
- (2) CPUは、検出した現時点のアクセル開度に基づいて暫定的な目標スロットルバルブ開度を決定する。
- (3) CPUは、決定された暫定的な目標スロットルバルブ開度を所定時間だけ遅延して実際の目標スロットルバルブ開度とする。換言すると、現時点から所定時間前の暫定的な目標スロットルバルブ開度が実際の目標スロットルバルブ開度として設定される。暫定的な目標スロットルバルブ開度は、それが実際の目標スロットルバルブ開度として使用されるまで時系列的にRAM内に格納される。
- (4) CPUは、設定された実際の目標スロットルバルブ開度とスロットルバルブ 9 の開度が一致するようにスロットルモータ 11 を制御する。

(5) CPUは、現時点から次に吸気行程を迎える気筒の吸気弁が閉じる時点（吸気弁閉弁時）に至るまでの時間を推定し、その推定した時間と前記RAMに格納されている暫定的な目標スロットルバルブ開度とに基づいて、同気筒の吸気弁閉弁時における目標スロットルバルブ開度を算出し、同目標スロットルバルブ開度により同吸気弁閉弁時の推定スロットルバルブ開度を算出する。。

(6) CPUは、次に吸気行程を迎える気筒の吸気弁閉弁時の吸入空気流量（筒内吸入空気量） Mc を、前記推定スロットルバルブ開度とエンジン回転速度とマップとに基づいて推定する。

【0161】

次いで、CPUは、ステップ210の推定結果を踏まえて、基本燃料噴射量（例えば、エンジン1に吸入される混合気の空燃比を理論空燃比とするために必要な噴射量）を算出する（ステップ220）。この基本燃料噴射量が各種補正係数により補正され、最終的な燃料噴射量が決定される。

【0162】

さらに、この基本燃料噴射量（あるいは基本燃料噴射量に対して補正が加えられた燃料噴射量）と燃料挙動モデルとに基づいて排ガスの空燃比を推定する（ステップ230）。この燃料挙動モデルについての詳しい説明もここでは省略するが、一例としては、基本燃料噴射量自体に加えて、吸気ポートやシリンダ内壁等の部材への燃料の付着分や同内壁に付着している燃料の剥離分などをも考慮して、所定時間後の排気空燃比を推定する手法などがある。

【0163】

例えば、この燃料モデルによれば、 $fi(k)$ だけの燃料量をインジェクタ5から噴射した後の燃料付着量 $fw(k+1)$ は下記(57)式により求められる。

$$fw(k+1) = R \cdot fi(k) + P \cdot fw(k) \quad \dots (57)$$

【0164】

上記(57)式において、 $fw(k)$ は $fi(k)$ だけの燃料量を噴射する前の吸気ポート等への燃料付着量、 P は吸気ポート等に既に付着していた燃料のうち一吸気行程を経た後に同吸気ポート等に付着したまま残留している燃料の割合（残留率）、 R は噴射された燃料のうち吸気ポート等へ直接付着する燃料の割合（付着率）である。

【0165】

一方、今回の燃料噴射量 $fi(k)$ のうち燃焼室（気筒）内に吸入される燃料量は $(1 - R) \cdot fi(k)$ となり、既に付着している燃料の量（燃料付着量） $fw(k)$ のうち燃焼室（気筒）内に吸入される燃料量は $(1 - P) \cdot fw(k)$ となる。即ち、今回の燃料噴射により、気筒内には下記(58)式に示した燃料量 $fc(k)$ が吸入されることになる。

$$fc(k) = (1 - R) \cdot fi(k) + (1 - P) \cdot fw(k) \quad \dots (58)$$

【0166】

従って、実際には、基本噴射量の燃料をインジェクタ5から噴射し、上記(58)式の $fi(k)$ を基本噴射量と等しいとにおいて実際に気筒に吸入される燃料量 $fc(k)$ を求め、前記推定した筒内吸入空気量 Mc をこの燃料量 $fc(k)$ で除することにより、排気空燃比を予測する。また、次の計算に備え、(57)式の $fi(k)$ を基本噴射量と等しいとにおいて燃料付着量 $fw(k+1)$ を求めておく。

【0167】

次に、CPUは、ステップ235に進み、前記ステップ230にて推定された排気空燃比を上記(48)式の AF とおき、同(48)式から $CginO2 (= Cgin, O2)$ を推定するとともに、前記ステップ230にて推定された排気空燃比、及び触媒に流入するガスの空燃比 A/F と一酸化炭素濃度 $CginCO$ との関係を規定した図13に示したマップに基づいて一酸化炭素濃度 $CginCO$ を推定する。その後、CPUは、第一実施形態で述べた手法と同様にしてステップ240にて $CgoutO2$ を推定する。この $CgoutO2$ は、前記排気空燃比が現時点から所定時間後の空燃比を予測（先読み）したものであり、従って、 $CginO2$ 及び $CginCO$ もそれぞれ現時点から所定時間後の $CginO2$ 及び $CginCO$ となるから、現時点から所定時間後の $CgoutO2$ を予測し

10

20

30

40

50

た値となっている。

【0168】

次いで、CPUはステップ250にて前記Cgout02が0より大きいかな否かを判定し、同ステップにて「Yes」と判定したときはリッチ制御（ステップ260）、「No」と判定したときはリーン制御（ステップ270）を実行する。即ち、本実施形態におけるCgout02の目標状態（目標値）は0（ゼロ）であり、同Cgout02が0となるように空燃比制御が実行される。

【0169】

リッチ制御は空燃比（機関の空燃比）をリッチ側に補正する空燃比制御（噴射量を増量する制御）で、リーン制御は空燃比をリーン側に補正する制御（噴射量を減量する制御）である。本実施形態では、その補正量はリッチ制御・リーン制御の各制御毎に一定である。なお、推定したCgout02とその目標状態との乖離度に応じて補正量を変更してもよい。また、ステップ260では空燃比をリッチ側に補正する補正係数を算出し、ステップ270では空燃比をリーン側に補正する補正係数を算出し、これらの補正係数を基本噴射量に乗ずるなどの処理を行って燃料噴射制御に反映させるようにしてもよい。

10

【0170】

次に、第五実施形態について説明する。本実施形態でも、上述した第四実施形態と同様に、いわゆる「先読み」による制御を行う。また、本実施形態においては、排ガス中の複数の排出成分についての推定値が算出される。ここでは、これら複数の推定値（具体的にはCgout,02やCgout,C0など）をCgout**として記載することとする。同様に、Cginについ

20

【0171】

第五実施形態における制御のフローチャートを図23に示す。まず、図23のフローチャートに示されるように、CPUは、上述した空気モデルを用いて、所定時間後の吸入空気量を推定する（ステップ280）。次いで、CPUは、上述した燃料挙動モデルを用いてシリンダ3内に実際に供給されるであろう燃料量を推定し（ステップ290）、ステップ280及びステップ290の結果から空燃比を算出する（ステップ300）。

【0172】

そして、CPUは、算出した空燃比に基づいて触媒19に流入する各成分毎のCgin**を算出する（ステップ310）。さらに、触媒19内の反応を考慮して、各成分毎のCgout*と触媒19の酸素吸蔵量OSAとを推定する（ステップ320）。Cgin**とCgout**の推定については、上述した実施形態の手法による。また、OSAは、上述した(42)～(45)式に基づいて推定する。

30

【0173】

次に、CPUは、排気浄化に不利な状況となりそうかどうかを、スロットル駆動要求やその時点でのOSAなどの運転条件から予測する。スロットル駆動要求の有無は、運転者によるアクセルペグルの操作量（アクセル開度）の時間変化（アクセル開度の時間微分値）に基づいて判断され得る。また、排気浄化に不利な状況であるかな否かは、たとえば、スロットル開度が急激に変化する過渡状態時であるかな否かに基づいて判定され得る。過渡状態時には、触媒19の酸素吸蔵状態が不安定になりやすく、空燃比制御による補正が間に合わずに排気浄化率が悪化する可能性が高い。このようなとき、CPUは、スロットルバルブ9の開閉動作を電子制御によって遅延させ（開閉動作速度を小さくし）、これにより浄化すべき成分の触媒19下流側への流出を抑止しつつ、スロットル動作の遅延による要求トルク未達分を点火時期制御によって補う。

40

【0174】

具体的に述べると、CPUは、スロットル駆動要求があるかな否かを判定し（ステップ330）、このようなスロットル駆動要求がなければ、排気浄化に不利な状況にはなりにくいと判定して、図23のフローチャートに示される制御を終了する。一方、スロットル駆動供給がある場合、CPUは、その時点でのOSA、算出したCgout**、スロットル開度

50

予測値、及びアクセル開度の時間変化量などの運転状態に基づいて、排気浄化率が悪化することが予想されるか否かを判定する（ステップ340）。そして、CPUは排気浄化率が悪化することが予想されないと判定すると、駆動要求通りにスロットルバルブ9を駆動する（ステップ360）。

【0175】

一方、CPUは、排気浄化率の悪化が予測されるとき、スロットル駆動動作の遅延量および点火時期によるトルク補正量とを決定するとともに、上述した推定値 C_{gout}^{**} を目標状態に一致させるための空燃比制御を行い（ステップ350）、スロットル駆動を行う（ステップ360）。スロットル駆動動作の遅延量は、例えば、スロットルバルブ開度の急激な変化を抑制するため、上述した実際の目標スロットルバルブ開度に対して一次遅れ処理を施した開度を実際のスロットルバルブ開度として設定し直すために必要な量である。点火時期の補正量は、この実際のスロットルバルブ開度を設定し直したことに伴うエンジントルクの低下分を補うための補正量（進角量）である。また、推定値 C_{gout}^{**} を目標状態とするための空燃比制御は、上述した他の実施形態と同様である。

【0176】

ここまで説明した各実施形態は、いずれも触媒19全体を一つの領域として考えて各推定値を算出するものであった。これに対し、以下の実施形態は、触媒19を排ガスの流れ方向に複数の領域（ブロック）に分割し、その複数の領域のうちの一つの領域（特定領域J）についての各推定値に対して目標状態を設定して、同各推定値が目標状態となるように空燃比制御を行う。

【0177】

まず、触媒19を複数領域に分割する実施形態のうち、第六実施形態について、その制御のフローチャートを示した図24を参照しながら説明する。この実施形態は、触媒19をn段に分割して取り扱う。ここで、触媒19の分割された複数の領域について、上流側から $I = 1 \sim n$ の番号を順に付するとともに、各領域I毎の推定値等に $I = 1 \sim n$ の添え字を付する。

【0178】

また、本実施形態では、排ガス中の酸素量（触媒19の各領域から排出される酸素の濃度）と一酸化炭素量（触媒19の各領域から排出される一酸化炭素の濃度）とを上述した推定値として求める。更に、酸素量は空燃比制御において第一実施形態と同様に過不足量として扱う。なお、既に述べたように、上記(27)式～(34)式、(36)式、及び(38)式等による各数値は、これらの式に基づいて触媒19の上流側から順次計算することによって、すべての領域について算出できる。

【0179】

以下、この実施形態の制御方法について図24に示したフローチャートを参照しながら具体的に説明すると、まず、CPUは上流側空燃比センサ25が検出する触媒19に流入する排ガスの空燃比を取り込み（ステップ370）、上述した特定領域を表す値Iを「0」にリセットする（ステップ380）。次いで、CPUは、 $I \leftarrow I + 1$ として、Iの値を「1」だけインクリメントする（ステップ390）。この段階では、Iの値は1となる。

【0180】

次いで、CPUは、領域Iに対する $R_{osc, I}$ （即ち $R_{stor, O2, I}$ 、 $R_{reudc, CO, I}$ ）及び R_D, I （ $R_{D, O2, I}$ 、 $R_{D, CO, I}$ ）を算出する（ステップ410）。

【0181】

このとき、触媒19に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリーンの場合、 R_D, I の算出には既に説明した(50)式を用い、 $R_{osc, I}$ の算出には既に説明した(51)式を用いる。また、触媒19に流入する排ガスの空燃比が理論空燃比よりリッチの場合、 R_D, I の算出には既に説明した(52)式を用い、 $R_{osc, I}$ の算出には既に説明した(53)式を用いる。

【0182】

その後、CPUは上述した第一実施形態の図18のステップ40と同様に、(30)式と(34)式とを用いて $C_{gout, I}$ （ $C_{gout, O2, I}$ と $C_{gout, CO, I}$ ）を算出する（ステップ420）。この

とき、CPUは、ステップ420の処理を行う際に必要とする $C_{in,O2,I}$ 等をステップ40と同様に上記(48)式に基づいて算出する。なお、 $C_{gout,CO,I}$ が求められたときには、 $C_{gout,O2,I}$ に $-2 \cdot C_{gout,CO,I}$ を設定する。

【0183】

次いで、CPUはコート層の化学種濃度 $C_{w,I}$ ($C_{w,O2,I}$ 、 $C_{w,CO,I}$)を(28)式及び(32)式に基づいて求め(ステップ430)、(42)式～(44)式により $O_{st,I}$ (今回値)を算出するとともに(ステップ435)、現在のIの値がn以上であるか否かを判定する(ステップ440)。このとき、Iの値がn未満であれば、CPUはステップ390に戻り、Iの値を「1」だけ大きくして次の下流側の領域について同様の算出を行う(ステップ410～430、ステップ435)。一方、Iの値がn以上となると、すべての領域についての各種値の算出が終了したことになるので、この場合、CPUはステップ440からステップ450に進む。

【0184】

そして、CPUはステップ450にて空燃比のフィードバック補正量(F/B 補正量)を、特定領域J(Jはnより小さいか等しい)についての推定値 $C_{goutO2,J}$ に基づいて、 $(C_{goutO2,J} - O_{2ref}) \times G$ から求める。ここで、 O_{2ref} は制御目標、Gは制御ゲインである。決定されたフィードバック補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。

【0185】

このように、本実施形態においては、触媒19を複数の領域に分割し、特定領域Jに関する上述した推定値を求めているので、同特定領域Jの推定値に基づいて、触媒19の状況をより正確に把握できる。また、特定領域Jは、最も下流側の領域よりも上流側の領域に設定することができ、その結果、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。換言すると、特定領域J(J < n)の状態を理想の状態に近づけておけば、予期しない多量の未燃成分や窒素酸化物が触媒19に流入したとしても、特定領域J+1～nの領域にて、これらを浄化する可能性が高まる。即ち、空燃比制御遅れによる弊害(エミッションの悪化)を小さくすることができる。

【0186】

次に、第七実施形態について、その制御のフローチャートを示した図25を参照しながら説明する。本実施形態は、各領域毎の各種数値の算出に関する限り、第六実施形態と何ら変わるところがない。このため、同一の制御ステップには同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0187】

本実施形態において、CPUがステップ440にて「Yes」と判定すると(即ち、すべての領域についての各数値の算出が終了すると)、同CPUは特定領域(制御すべき領域、以下、特定制御領域Jとも言う。)を決定するための運転条件を取得し(ステップ460)、取得した運転条件に基づいて特定制御領域Jを決定する(ステップ470)。上述した運転条件としては、様々な条件を設定することができる。また、一つの条件だけでなく、複数の条件に基づいて特定制御領域Jを決定することもできる。ここでは、一つの条件に基づいて特定制御領域Jを決定する具体例を四つ挙げる。図26～図29は、各例において使用するマップを示している。

【0188】

図26は、上述した運転条件として吸入空気量を用いた場合に使用する「吸入空気量と特定領域(特定制御領域J)との関係」を示すマップである。吸入空気量は、エアフロメータ13によって検出される。このマップによれば、吸入空気量が多いほど特定領域(特定制御領域J)が上流側(上流段)に設定される。

【0189】

図27は、上述した運転条件としてアクセル開度の時間変化量(Δ アクセル開度)を用いた場合に使用する「 Δ アクセル開度と特定領域(特定制御領域J)との関係」を示すマップである。 Δ アクセル開度は、アクセルポジションセンサ12の検出結果を加工すること

10

20

30

40

50

によって得られる。このマップによれば、 Δ アクセル開度が大きいほど特定領域(特定制御領域)Jが上流側に設定される。

【0190】

吸入空気量や Δ アクセル開度に関しては、その値が大きくなるほど特定領域(特定制御領域)Jの位置を上流側に設定し、その値が小さくなるほど特定領域(特定制御領域)Jの位置を下流側に設定する。これは、いわゆる「吹き抜け現象」が発生しやすい場合には空燃比制御に用いられる特定領域(特定制御領域)Jを上流側に設定し、「吹き抜け現象」が発生しにくい場合には特定領域(特定制御領域)Jを下流側に設定するためである。「吹き抜け現象」とは、触媒19自体は浄化する能力を有しているにもかかわらず、流速が速かったり、流量が多かったりという理由によって、排ガス中の浄化されるべき成分が十分に浄化される前に下流側に流出してしまう現象である。

10

【0191】

図28は、上述した運転条件として触媒19の活性状態を用いた場合に使用する「触媒の活性状態と特定領域(特定制御領域)Jとの関係」を示すマップである。触媒19の活性状態は、例えば、触媒温度センサ21によって検出した触媒19の温度から決定することができる。このマップによれば、触媒19の活性状態が低い(まだ十分に活性化していない)ほど特定領域(特定制御領域)Jが上流側に設定される。これにより、特定領域(特定制御領域)Jよりも下流側の領域をバッファ(排気浄化のための予備的な領域)として使用することができるので、排ガス中の浄化すべき成分が十分に浄化され得る。

20

【0192】

図29は、上述した運転条件として空燃比(触媒19に流入するガスの空燃比、即ち、エンジン1に供給される混合気空燃比)の時間的変化量(Δ 空燃比)を用いた場合に使用する「 Δ 空燃比と特定領域(特定制御領域)Jとの関係」を示すマップである。 Δ 空燃比は、空燃比制御を司っているECU18によって算出することができる。このマップによれば、 Δ 空燃比が小さい(空燃比が余り変化していない場合)ほど特定領域(特定制御領域)Jが下流側に設定される。

【0193】

このように、CPUは図25に示したステップ470にて特定領域(特定制御領域)Jを決定すると、ステップ480に進んで同決定された特定領域(特定制御領域)Jの推定値 $C_{gout, O2, J}$ に基づいて、空燃比フィードバック補正量(F/B 補正量)を、 $(C_{gout, O2, J} - O2_{ref}) \times G$ に基づいて求める。ここで、 $O2_{ref}$ は制御目標、 G は制御ゲインである。決定された補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。このように、触媒19を複数の領域に分割し、運転状態に応じて特定領域(特定制御領域)Jを変更することによって、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。

30

【0194】

上述した第六実施形態および第七実施形態においては、特定領域(特定制御領域)Jは一つだけであった。しかし、特定領域(特定制御領域)Jは一つでなくても良く、複数設定されてもよい。このようにすることによって、排ガスの浄化をより一層効果的に行うことができるようになる場合がある。次に説明する第八実施形態は、特定領域(特定制御領域)Jを複数設定している。

40

【0195】

第八実施形態における制御のフローチャートを図30に示す。本実施形態は、各領域毎の各種数値の算出に関して、上述した第六実施形態及び第七実施形態と何ら変わるところがない。このため、同一の制御ステップには同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0196】

本実施形態においては、CPUがステップ440にて「Yes」と判定すると(即ち、すべての領域についての各数値の算出が終了すると)、CPUはステップ490に進み、あらかじめ決定されている二つの特定領域(特定制御領域)(領域 I_1 及び領域 I_2)の推定値 $C_{gout, O2, I_1}$ 及び $C_{gout, O2, I_2}$ に基づいて空燃比フィードバック補正量(F/B 補

50

正量)を $[(C_{\text{gout},02,I_1} - 02\text{ref}) \times G_1 + (C_{\text{gout},02,I_2} - 02\text{ref}) \times G_2]$ から求める。ここで、02refは制御目標であり、本実施形態においては、特定領域(特定制御領域) I_1 及び特定領域(特定制御領域) I_2 の双方について同一の制御目標が用いられている。このステップ490において決定された補正量は、空燃比を決定する燃料噴射量の補正係数の一つとして空燃比制御に反映される。なお、特定領域(特定制御領域) I_1 と特定領域(特定制御領域) I_2 とで異なる制御目標を設定することもできる。

【0197】

また、 G_1 、 G_2 はそれぞれ特定領域(特定制御領域) I_1 、特定領域(特定制御領域) I_2 に関しての制御ゲインである。本実施形態では、制御ゲイン G_1 、 G_2 を異ならせて、各特定領域(特定制御領域)の推定値の空燃比制御への影響度についての重み付けをしている。このようにすることによって、特定領域(特定制御領域)を複数設定する場合に、それらの特定領域(特定制御領域)についての状況が空燃比制御に与える影響度を個別に設定でき、排気浄化性能をより向上させることができる場合がある。このように、触媒19を複数の領域に分割し、複数の特定領域(特定制御領域)を設定することによって、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。

10

【0198】

上述した第八実施形態においては、制御ゲイン G_1 、 G_2 はあらかじめ決定された固定値とされていた。しかし、特定領域(特定制御領域)を複数設定した場合の各特定領域(特定制御領域)に関する制御ゲインはあらかじめ固定値として決定されていなくても良く、運転状況などに応じて変動する変数値として設定されてもよい。次に説明する第九実施形態は、各特定領域(特定制御領域)に対応する制御ゲインを可変としている。

20

【0199】

第九実施形態における制御のフローチャートを図31に示す。本実施形態は、各領域毎の各種数値の算出に関して、上述した第六実施形態～第八実施形態と何ら変わるところがない。このため、同一の制御ステップには同一の符号を付して、その説明を省略する。

【0200】

本実施形態においては、CPUがステップ440にて「Yes」と判定すると(即ち、すべての領域についての各数値の算出が終了すると)、CPUはステップ500に進んで各特定領域に対応する制御ゲインを決定するための運転状態である吸入空気流量 G_a をエアフロメータ13から取得する。そして、CPUは、ステップ510にて、前記取得した吸入空気流量 G_a と図32に示したマップとに基づいて、各特定領域毎(特定領域 I_1 及び特定領域 I_2)に対する制御ゲイン(G_1 、 G_2)を決定する。

30

【0201】

図32に示したマップにおいては、横軸が特定領域の位置を示し、縦軸が G_1 、 G_2 として設定される制御ゲインを示している。また、このマップでは、特定領域 I_1 は特定領域 I_2 よりも下流側に位置し、吸入空気量 G_a の大小に応じた二本の曲線が設定されている。各曲線は、上流側の特定領域 I_2 の制御ゲイン G_2 よりも下流側の特定領域 I_1 の制御ゲイン G_1 の方が大きくなるように設定されている。すなわち、このマップにより制御ゲインを決定すると、下流側の特定領域に関する推定値の空燃比制御に対する影響度が大きくなる。なお、これらの曲線は、適宜定めることができ、例えば、これらの曲線を、上流側に向うに連れて制御ゲインを大きくするように設定すれば、上流側の特定領域の推定値が重視されることになる。

40

【0202】

さらに、図32に示すマップでは、吸入空気量 G_a が大きい場合に適用する曲線が、吸入空気量 G_a が小さい場合に適用する曲線よりも上に位置されている。このため、制御ゲイン G_1 、 G_2 は、吸入空気量 G_a が多いほど大きくなるように設定される。

【0203】

CPUは、このようにして制御ゲインを決定すると、空燃比フィードバック補正量(F/B 補正量)を $[(C_{\text{gout},02,I_1} - 02\text{ref}) \times G_1 + (C_{\text{gout},02,I_2} - 02\text{ref}) \times G_2]$ なる式に基づいて求める(ステップ520)。02refは制御目標である。

50

【0204】

このように、触媒を複数の領域に分割して複数の特定領域を設定し、各特定領域毎の空燃比制御への影響度をエンジン1の運転状態に応じて変更することによって、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。

【0205】

なお、制御ゲインを決定するための上述した運転状態としては、様々な運転状態を採用することができる。また、一つの運転状態だけでなく、複数の運転状態に基づいて各特定領域に対する制御ゲインを決定することもできる。また、本実施形態においては、特定領域 I_1 及び特定領域 I_2 の双方について同一の制御目標が用いられていたが、特定領域 I_1 と特定領域 I_2 とで異なる制御目標を設定してもよい。

10

【0206】

次に、上述した推定値に基づく空燃比制御を実行するとともに、下流側空燃比センサ26の出力を用いて上述した推定モデルを補正する第十実施形態について説明する。本実施形態における制御のフローチャートを図33に示す。図33のフローチャートは、空燃比を制御するためのプログラムを示したのではなく、推定モデルを補正する制御を行うためのプログラムを示したものである。なお、本実施形態においては、第一実施形態と同様に、触媒19全体を一つの領域として考えて推定値を算出し、排ガス中の酸素量（触媒19から流出する酸素濃度）を同推定値の一つとして算出する。

【0207】

具体的に説明すると、CPUは、ステップ530にて、上流側空燃比センサ25が検出する触媒19に流入する排ガスの空燃比（排気空燃比）を取得し、ステップ540に進んで同取得した排気空燃比に基づいて C_{gout, O_2} （ $=C_{goutO_2}$ ）等を算出する。これらのステップ530、540に基づく処理は、実際には、図18に示したステップ10～ステップ50、及びステップ55に基づく処理と同様な処理を実行することで達成される。

20

【0208】

次いで、CPUはステップ550に進み、ステップ540で算出された C_{goutO_2} に基づいて下流側空燃比センサ26が出力するであろう出力を推定（予測）し、ステップ560にて（下流側空燃比センサ26の実際の出力）-（ステップ550において推定されたセンサ出力推定値）を $ErrorO_2mdl$ として算出する。

【0209】

そして、CPUは、続くステップ570にて、この $ErrorO_2mdl$ の絶対値が、所定のモデル許容誤差 $Emdl$ よりも大きいか否かを判定する。このとき、下流側空燃比センサ26の実際の出力とステップ550において推定された出力推定値との差が許容範囲内であれば、CPUはステップ570に「No」と判定し、この場合、上述した推定モデルに対して補正を行う必要はないので、図33に示したフローチャートによる制御を一旦終了する。

30

【0210】

これに対し、下流側空燃比センサ26の実際の出力とステップ550において推定された出力推定値との差 $ErrorO_2mdl$ が許容範囲（モデル許容誤差 $Emdl$ ）を越えていると、CPUはステップ570にて「Yes」と判定し、ステップ580に進んで、推定モデルで使用する（上述した(36)式及び(38)式等で使用する） $kstor(kstor, i)$ 及び $krel(krel, i)$ を修正する。

40

【0211】

このように、上述した推定値を用いた空燃比制御を実行するとともに、この推定値と下流側空燃比センサ26の出力とを用いて推定モデルを補正することによって、同推定モデルの推定精度をより一層向上させることができる。

【0212】

上述した第十実施形態では、下流側空燃比センサ26の出力に基づいて推定モデルを補正したが、次に説明する第十一実施形態においては、推定モデルによる推定結果に基づいて下流側空燃比センサ26の異常判定（診断）を行う。本実施形態における制御のフローチャートを図34に示す。図34のフローチャートは、空燃比を制御するためのプログラ

50

ムを示したのではなく、センサの診断（異常判定）を行うためのプログラムを示したものである。なお、本制御においては、第一実施形態と同様に、触媒 19 全体を一つの領域として考えて推定値を算出し、排ガス中の酸素量（触媒 19 からの排出される酸素の濃度）を同推定値の一つとして算出する。

【0213】

具体的に説明すると、CPUは、ステップ530にて、空燃比センサ25が検出する触媒19に流入する排ガスの空燃比を検出取得し、ステップ540に進んで同取得した排気空燃比に基づいてCgoutO2を算出するとともに、ステップ550にて同算出されたCgoutO2に基づいて下流側空燃比センサ26が出力するであろう出力を推定（予測）する。これらのステップ530～550は、上述した第十実施形態におけるステップ530～550と同一である。

10

【0214】

次いで、CPUはステップ590に進み、（下流側空燃比センサ26の実際の出力）-（ステップ550において推定されたセンサ出力推定値）をErrorO2snsとして算出する。

【0215】

そして、CPUは、続くステップ600にて、このErrorO2snsの絶対値が、所定のセンサ許容誤差Esnsよりも大きいかな否かを判定する。このとき、下流側空燃比センサ26の実際の出力とステップ550において推定された出力推定値との差ErrorO2snsが許容範囲（センサ許容誤差Esns）内であれば、CPUはステップ600にて「No」と判定し、この場合、下流側空燃比センサ26は正常であると判断し、図34に示したフローチャートによる制御を一旦終了する。

20

【0216】

これに対し、下流側空燃比センサ26の実際の出力とステップ550において推定されたセンサ出力推定値との差ErrorO2snsが許容範囲（センサ許容誤差Esns）を越えていると、CPUはステップ600にて「Yes」と判定し、ステップ610に進んで、下流側空燃比センサ26が異常であると判定する。

【0217】

この実施形態によれば、上述した推定値を用いて空燃比制御が実行されるとともに、この推定値と下流側空燃比センサ26の出力とに基づいて同空燃比センサ26の診断が行われ得る。

30

【0218】

第十実施形態では、下流側空燃比センサ26の出力に基づいて推定値を求めるための推定モデルを補正した。これに対し、第十一実施形態では、推定モデルにより算出される推定値に基づいて下流側空燃比センサ26の診断を行った。これらは、互いに矛盾する考え方ではあるが、推定値と下流側空燃比センサ26の出力とのうち何れが信頼性が高いかに基づいて選択すればよい。また、エンジン1の運転状態に応じて、信頼できる方が変わるような場合は、エンジン1の運転状態に応じて推定モデル補正制御と下流側空燃比センサ26の診断制御とが排他的に行われるようにしてもよい。また、第十一実施形態のように、下流側空燃比センサ26の正常異常を判定するだけでなく、ErrorO2snsに応じて下流側空燃比センサ26の出力を補正するように構成してもよい。

40

【0219】

これまで説明してきた実施形態は、図1に示されるような、排気通路7上に一つの触媒19のみを有するエンジン1に適用されていた。これに対し、以下に説明する第十二実施形態では、全体構成である図35に示したように、エンジン1がその排気通路7上に複数（以下の実施形態では二つ）の排気浄化触媒19a, 19bを有している。なお、図35において、図1に示した構成と同一の構成には同一の符号を付し、その説明を省略するとともに、以下においては、図1に示した内燃機関と相違している部分についてのみ説明する。

【0220】

図35に示されるこの実施形態にかかる内燃機関に関しては、排気通路7上の二ヶ所に

50

排気浄化触媒 19 a , 19 b が配設されている。上流側の触媒を上流側排気浄化触媒 19 a (以下、上流側触媒 19 a とも言う。)、下流側の触媒を下流側排気浄化触媒 19 b (以下、下流側触媒 19 b とも言う。)と称呼して区別する。

【0221】

上流側触媒 19 a は、例えば、四気筒のエンジンにおいて、ある二気筒の排気管が一つにまとめられた箇所の一つ、残りの二気筒の排気管が一つにまとめられた箇所にもう一つというように、並列に計二つ設けられるような場合もある。なお、この場合、下流側触媒 19 b は、すべての排気管が一つにまとめられた部分よりも下流の排気管に設けられることが多い。

【0222】

上流側触媒 19 a は、始動時触媒とも呼ばれ、容量の小さなものがシリンダ 3 にできるだけ近い位置に配設され、排ガスの熱によって冷間始動後に早期に活性化温度にまで昇温され、早期に排気浄化性能を発揮することを目的として配設されることが多い。

【0223】

これに対して、下流側触媒 19 b は、アンダーフロア触媒とも呼ばれ、十分な容量を有するものが車両の床下に配設され、排ガス中の浄化すべき成分を確実に浄化することを目的として配設される場合が多い。そして、上流側触媒 19 a の上流側には、上流側触媒 19 a に流入する排ガスの空燃比を検出する上流側空燃比センサ 25 が配設されている。また、下流側触媒 19 b の下流側には、下流側触媒 19 b から流出する排ガスの空燃比を検出する下流側空燃比センサ 26 が配設されている。さらに、上流側触媒 19 a と下流側触媒 19 b との間には、上流側触媒 19 a から流出し、下流側触媒 19 b に流入する排ガスの空燃比を検出する中間部空燃比センサ 27 が配設されている。

【0224】

これらの空燃比センサ 25 , 26 , 27 は、ECU 18 に接続されており、その検出結果を ECU 18 に送出すると共に、ECU 18 から供給される電力によって早期に昇温されるべくヒータが内蔵されている。また、上流側触媒 19 a 及び下流側触媒 19 b には、それらの温度を検出する温度センサ 21 a , 21 b がそれぞれ取り付けられている。

【0225】

次に、本実施形態の作動について説明すると、この実施形態では、上流側触媒 19 a と下流側触媒 19 b との双方で、上述した推定モデルによる推定値の算出が行われ、これらに基づき空燃比制御が行われる。これらの推定値と、中間部空燃比センサ 27 の検出結果とに基づいて、上流側触媒 19 a から流出して下流側触媒 19 b に流入する排ガスの空燃比も制御される。なお、上流側触媒 19 a に適用する推定モデルの基本構成と、下流側触媒 19 b に適用する推定モデルの基本構成は、それぞれのモデルで使用するパラメータの数値が異なっている点を除き、同一である。

【0226】

本実施形態における制御のフローチャートを図 36 に示す。図 36 のフローチャートは、推定値を算出するためのプログラムのみを示している。また、本実施形態においては、上流側触媒 19 a 全体を一つの領域として考えて推定値を算出し、下流側触媒 19 b 全体を一つの領域として考えて別の推定値を算出する。この実施形態の推定値の一つは、排ガス中の酸素量(触媒 19 a , 19 b から流出する酸素の濃度)である。

【0227】

また、上述した C_{gin} , C_{gout} に関しては、各触媒毎に以下のように表すこととする。即ち、上流側触媒 19 a に流入する化学種(ここでは酸素)濃度は $C_{ginO2SC}$ 、同触媒 19 a から流出する化学種濃度は $C_{goutO2SC}$ と記述する。同様に、下流側触媒 19 b に流入する化学種(ここでは酸素)濃度は $C_{ginO2UF}$ 、同触媒 19 b から流出する化学種濃度は $C_{goutO2UF}$ と記述する。上流側触媒 19 a から流出した化学種は下流側触媒 19 b に流入するので、 $C_{goutO2SC} = C_{ginO2UF}$ である。

【0228】

具体的に、図 36 のフローチャートにより示されたプログラムに従って説明すると、C

10

20

30

40

50

P Uは、ステップ650にて、上流側空燃比センサ25が検出する上流側触媒19aに流入する排ガスの空燃比を取得し、ステップ652に進んで、同取得した排気空燃比に基づいて上流側触媒19aに関するCgoutO2SCを算出する。これらのステップ650、652に基づく処理は、実際には、図18に示したステップ10～ステップ50、及びステップ55に基づく処理と同様な処理を実行することで達成される。次いで、C P Uは、ステップ654にて、前記ステップ652で算出されたCgoutO2SCから中間部空燃比センサ27が出力するであろう出力を推定（予測）する。

【0229】

そして、C P Uは、ステップ656に進み、（中間部空燃比センサ27の実際の出力） - （ステップ654において推定された出力推定値）をErrorO2mdlとして算出し、続くステップ658にて、このErrorO2mdlの絶対値が、所定のモデル許容誤差Emdlよりも大きいか否かを判定する。このとき、中間部空燃比センサ27の実際の出力とステップ654において推定された出力推定値との差が許容範囲を越えていると、C P Uはステップ658にて「Y e s」と判定してステップ660に進み、同ステップ660にてCgoutO2SCを補正し、ステップ662に進む。

【0230】

このステップ660におけるCgoutO2SCの補正は、まず推定モデルを補正し、次いで補正した推定モデルに基づいて再度CgoutO2SCを算出することにより達成される。推定モデルの補正は、上述した図33のフローチャートにおけるステップ580での補正と同様に行われる。

【0231】

一方、中間部空燃比センサ27の実際の出力とステップ654において推定された出力推定値との差が許容範囲内であると、C P Uはステップ658にて「N o」と判定し、上述した推定モデルに対して補正を行う必要がないので、ステップ662に直接進んでCgoutO2SCをCginO2UFに設定する。なお、ステップ660を経由してステップ662に到達した場合、ステップ660にて補正されたCgoutO2SCがCginO2UFに設定される。

【0232】

次いで、C P Uは、ステップ664にて、上記算出した下流側触媒に関するCginO2UFに基づいてCgoutO2UFを、ステップ652と同様に算出する。そして、C P Uは図示しないステップにて、このように算出されたCgoutO2SC及びCgoutO2UFに基づいて空燃比フィードバック補正量を算出し、空燃比制御に反映する。このように、排気通路7上の複数の触媒19a、19bの双方に関して推定値をそれぞれ算出し、これらの推定値を用いた空燃比制御を行うことによって、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。

【0233】

次に、第十三実施形態について説明する。本実施形態は、上述した第十二実施形態と類似しているが、CgoutO2SCの補正は行わなれない。なお、第十三実施形態の制御を第十二実施形態の制御と組み合わせるようにしても構わない。第十三実施形態は、下流側触媒19bの浄化率を高く維持するため、算出した推定値を用いて、下流側触媒19bに流入する排ガスの空燃比を制御する。具体的には、下流側触媒19bの浄化率を高く維持するために、同下流側触媒19bに流入する排ガス中の酸素過不足量の積算値がゼロとなるように、空燃比制御を行う。

【0234】

上記下流側触媒19bに流入する酸素過不足量の積算値とは、下流側触媒19bの浄化率を高く維持させるために下流側触媒19bに流入する酸素量の収支（総和・平均値）をゼロにする際の余剰・不足状態を示すものである。本実施形態における制御のフローチャートを図37に示す。

【0235】

このフローチャートに沿って、本装置の作動を説明すると、C P Uはステップ650にて上流側空燃比センサ25が検出する上流側触媒19aに流入する排ガスの空燃比を取得し、ステップ652にて前記取得した空燃比に基づいて、上流側触媒19aに関するCgou

10

20

30

40

50

t02SCを算出する。これらのステップ650, 652に基づく処理は、実際には、図18に示したステップ10～ステップ50、及びステップ55に基づく処理と同様な処理を実行することで達成される。次いで、CPUはステップ662に進み、ステップ652で算出したCgout02SCをCgin02UFに設定する。

【0236】

次いで、CPUはステップ670に進み、ステップ662において算出されたCgin02UFの積算値($\Sigma Cgin02UF$ と表現する)を求める。即ち、CPUは、これまでの積算値 $\Sigma Cgin02UF(k-1)$ をストックしており、これに対して新たにステップ662で算出されたCgin02UF(k)を加えることによって、新たな積算値 $\Sigma Cgin02UF(k)$ を得る。

【0237】

そして、CPUは、ステップ672にて、前記算出された積算値 $\Sigma Cgin02UF(k)$ がゼロより大きいかな否かを判定し、同ステップ672にて「Yes」と判定するとき、ステップ674に進んで下流側触媒19bに流入する排ガスの空燃比がリッチとなるような制御(リッチ制御)を行う。一方、ステップ672の実行時に、前記算出された積算値 $\Sigma Cgin02UF(k)$ がゼロ以下であれば、CPUはステップ672にて「No」と判定してステップ676に進み、下流側触媒19bに流入する排ガスの空燃比をリーンとするように制御(リーン制御)を行う。

【0238】

このように、上流側触媒19aと下流側触媒19bとの双方に関して推定値を算出し、これらの推定値に基づいて、下流側触媒19bを浄化率の高い状態に維持する空燃比制御を行うことによって、排ガスの浄化性能をより一層向上させることが可能となる。

【0239】

以上、説明したように、本発明の各実施形態によれば、排気浄化触媒に流入する排ガスの空燃比に基づいて、排気浄化触媒から排出される(同触媒の全部又は同触媒の一部である特定領域の一つから排出される)特定成分の排出量(或いは、排出される排ガスの状態を示す代表値)を推定し、推定した推定値に対する目標状態を設定し、この推定値が目標状態となるように空燃比制御を行う。これにより、排気浄化触媒或いは同触媒を分割した場合の特定領域(特定ブロック)から排出される特定成分の排出量(触媒又は特定領域から排出される排ガスの状態、触媒全体又は同触媒の最上流位置から特定領域までの酸素吸蔵量等で代表される触媒の状態を含む。)を所望の状態に制御でき、排気浄化性能を向上させることができる。

【符号の説明】

【0240】

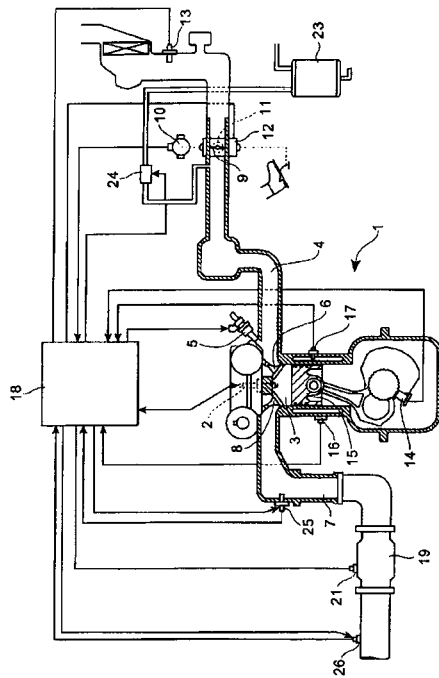
1...エンジン、7...排気通路、19...排気浄化触媒、25, 26...空燃比センサ、18...電子制御ユニット。

10

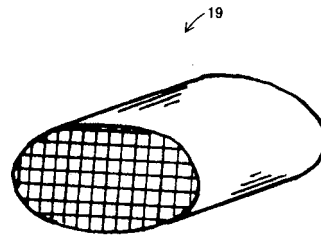
20

30

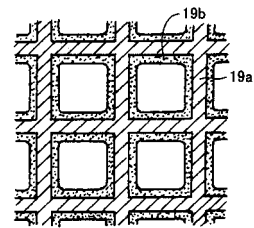
【図 1】



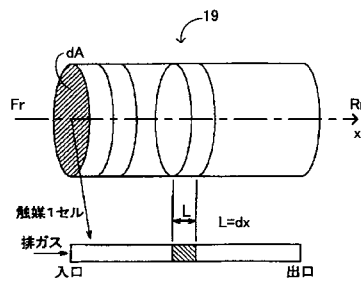
【図 2】



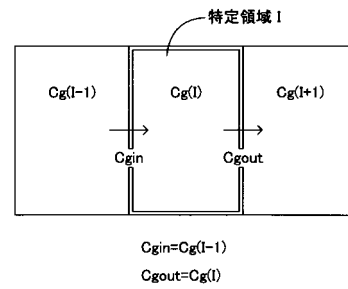
【図 3】



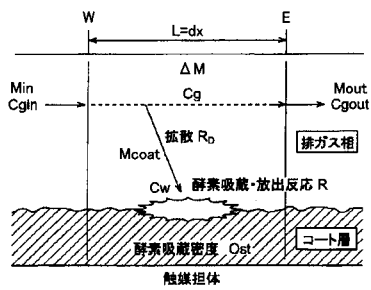
【図 4】



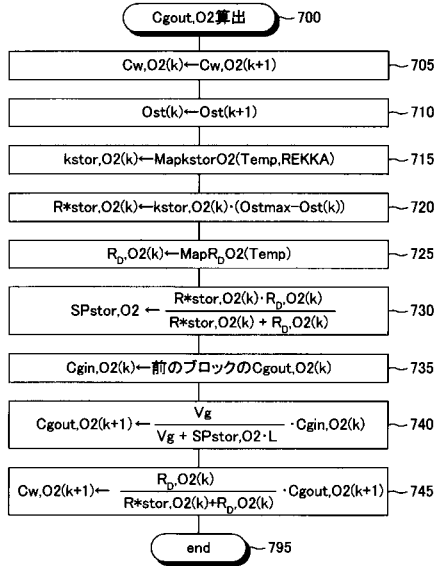
【図 6】



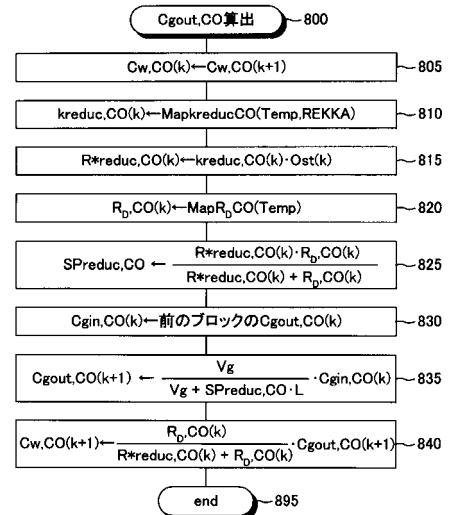
【図 5】



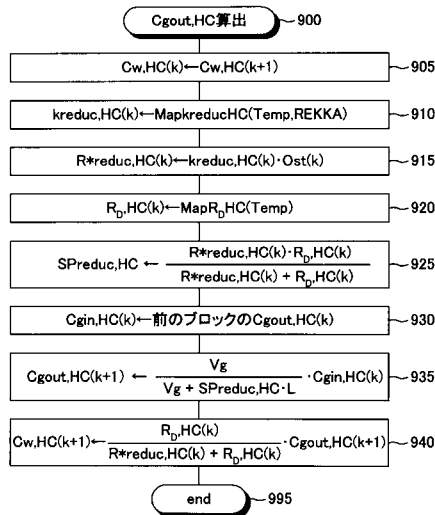
【図 7】



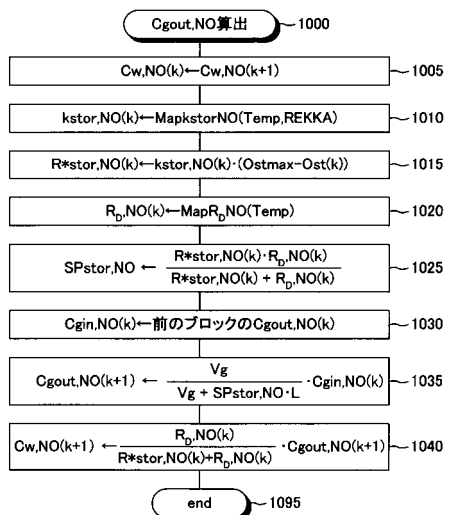
【図 8】



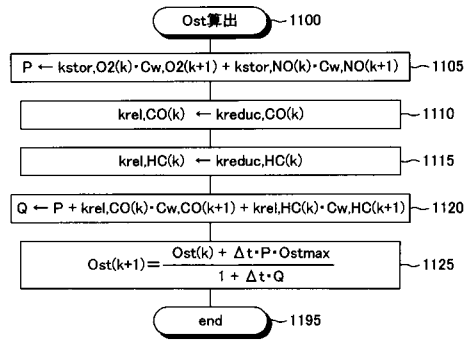
【図 9】



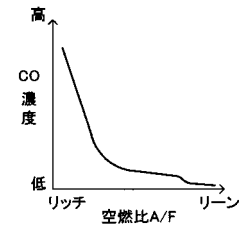
【図 10】



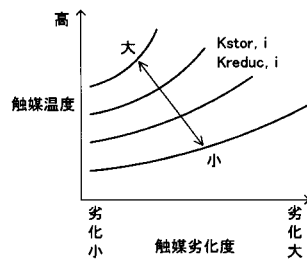
【図 1 1】



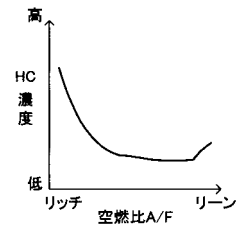
【図 1 3】



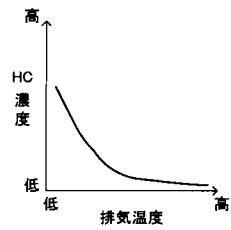
【図 1 2】



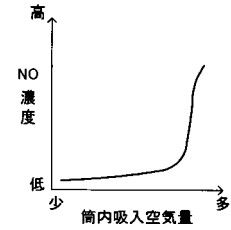
【図 1 4】



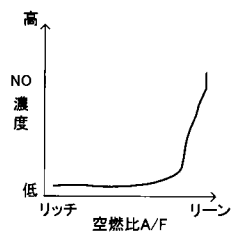
【図 1 5】



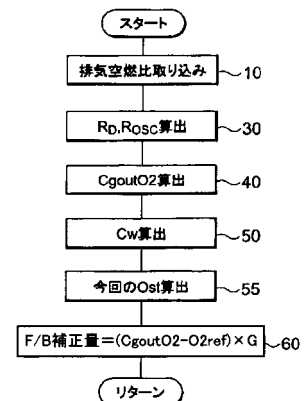
【図 1 7】



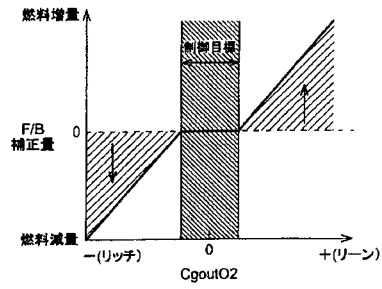
【図 1 6】



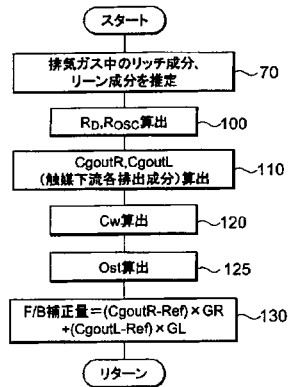
【図 1 8】



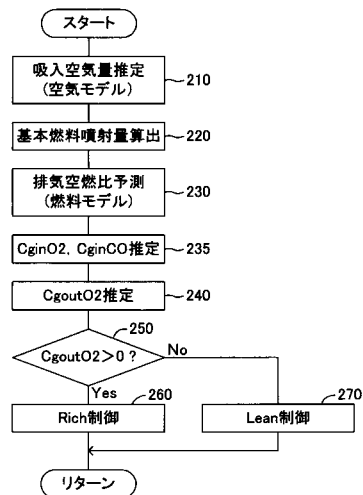
【図 19】



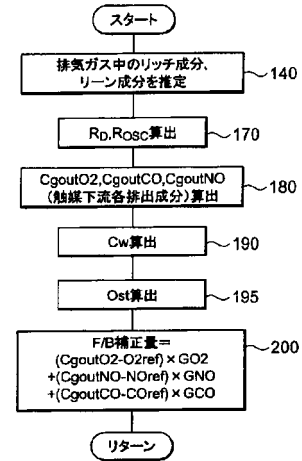
【図 20】



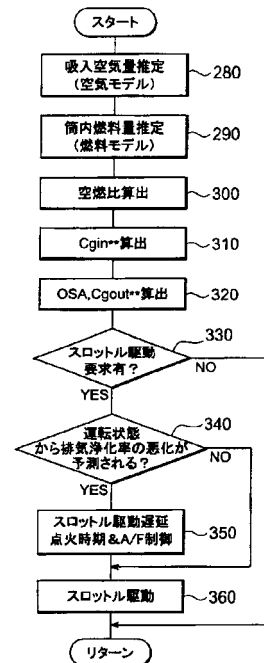
【図 22】



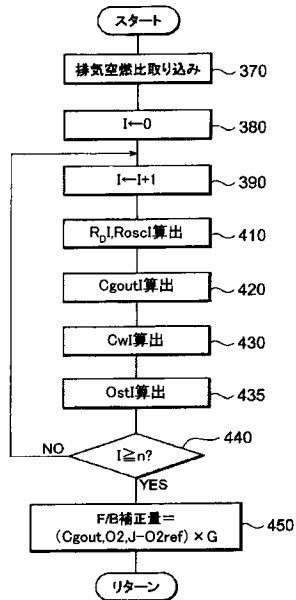
【図 21】



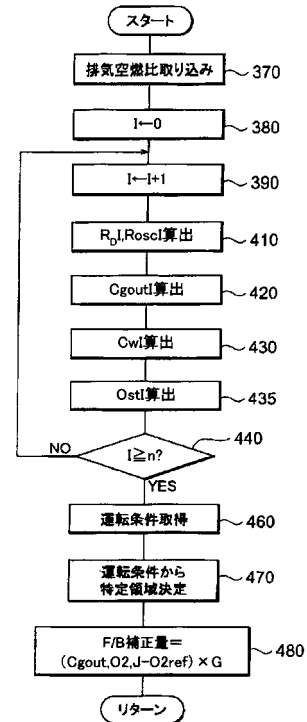
【図 23】



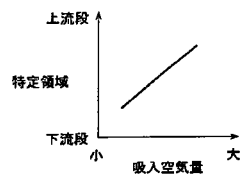
【図 24】



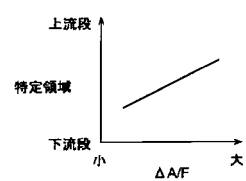
【図 25】



【図 26】



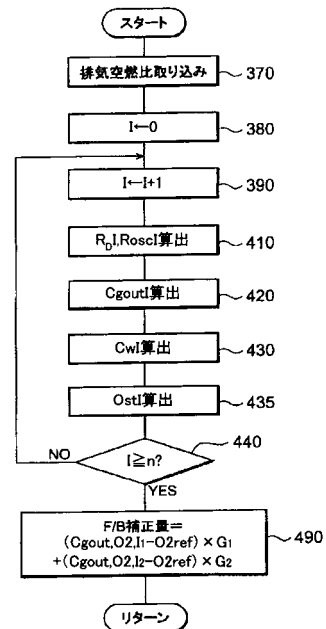
【図 29】



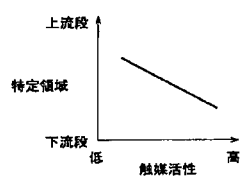
【図 27】



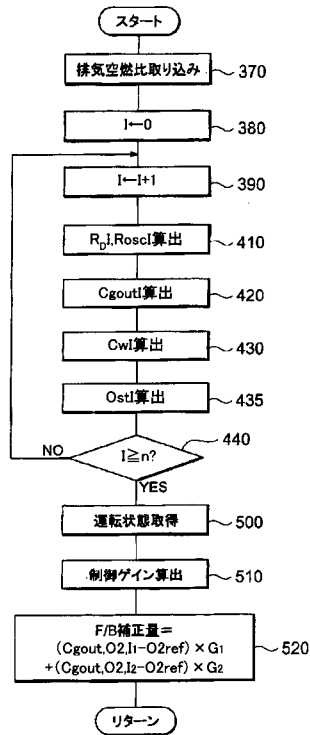
【図 30】



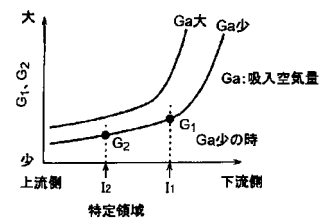
【図 28】



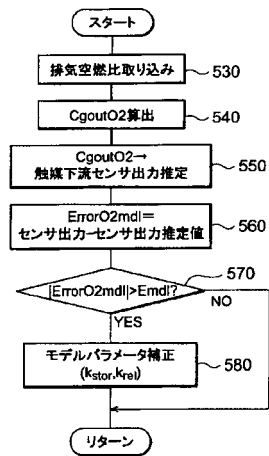
【図 3 1】



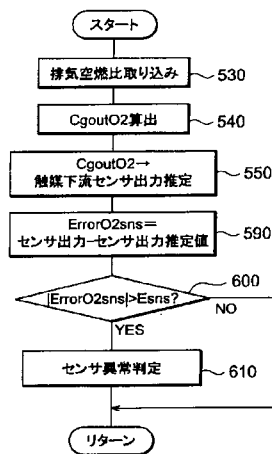
【図 3 2】



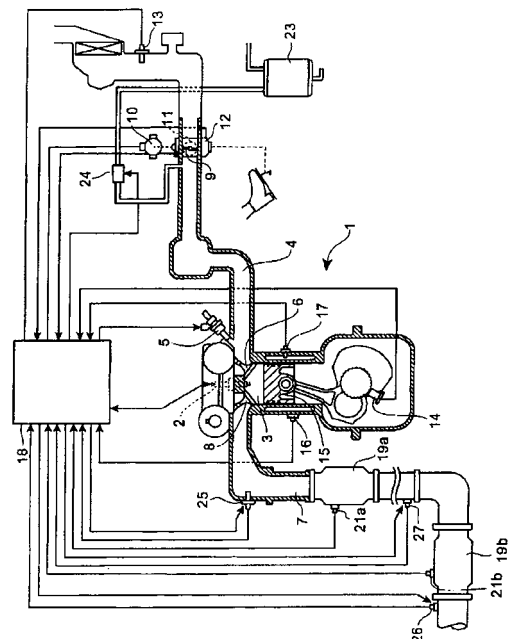
【図 3 3】



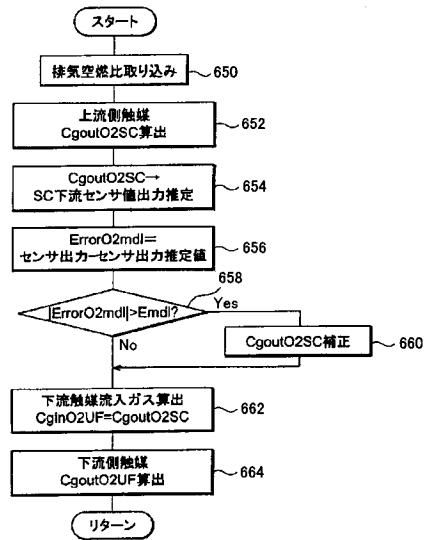
【図 3 4】



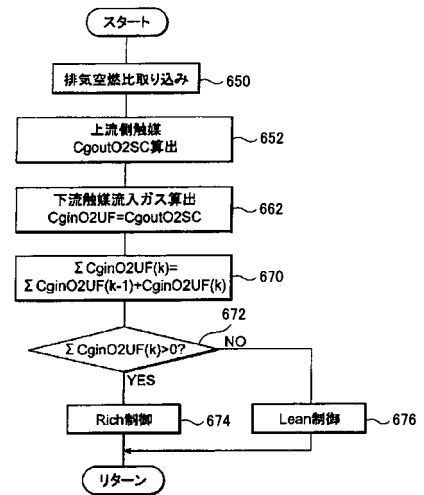
【図 3 5】



【図 36】



【図 37】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	F 0 2 D 45/00	3 6 4 K
	F 0 2 D 41/22	3 0 1 K
	F 0 1 N 3/24	C

(72)発明者 片山 章弘
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 加藤 直人
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 沢田 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 内田 孝宏
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 久世 泰広
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 馬場 直樹
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 小島 晋爾
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内

F ターム(参考) 3G091 AA02 AA17 AB01 BA26 CB02 CB05 EA34 HA08
3G301 HA01 JA25 JA26 JB01 LA01 MA01 ND02 NE11 NE21 PD02Z
3G384 AA01 BA09 DA14 EA02 EB03 EB12 FA40Z