

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5880731号
(P5880731)

(45) 発行日 平成28年3月9日 (2016.3.9)

(24) 登録日 平成28年2月12日 (2016.2.12)

(51) Int. Cl.	F I				
FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/08	ZABH			
FO1N 3/28 (2006.01)	FO1N 3/28	SOIE			
FO1N 3/20 (2006.01)	FO1N 3/20	H			
FO1N 3/36 (2006.01)	FO1N 3/36	B			
BO1D 53/94 (2006.01)	FO1N 3/36	F			
請求項の数 7 (全 23 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2014-545652 (P2014-545652)	(73) 特許権者	000003207
(86) (22) 出願日	平成25年10月28日 (2013.10.28)		トヨタ自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/079137		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(87) 国際公開番号	W02014/073408	(74) 代理人	100100549
(87) 国際公開日	平成26年5月15日 (2014.5.15)		弁理士 川口 嘉之
審査請求日	平成27年3月27日 (2015.3.27)	(74) 代理人	100085006
(31) 優先権主張番号	特願2012-245210 (P2012-245210)		弁理士 世良 和信
(32) 優先日	平成24年11月7日 (2012.11.7)	(74) 代理人	100113608
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 平川 明
		(74) 代理人	100123319
			弁理士 関根 武彦
		(74) 代理人	100123098
			弁理士 今堀 克彦
		(74) 代理人	100143797
			弁理士 宮下 文徳
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排気通路に設けられアンモニアを還元剤としてNO_xを還元する選択還元型NO_x触媒と、

前記選択還元型NO_x触媒へアンモニアを供給する供給装置と、

前記選択還元型NO_x触媒の温度を測定または推定する温度検出装置と、

前記選択還元型NO_x触媒において生成された硝酸アンモニウムの量を測定または推定する硝酸アンモニウム量検出装置と、

を備える内燃機関の排気浄化装置において、

前記内燃機関の始動時に前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量から、
前記選択還元型NO_x触媒において生成された硝酸アンモニウムの量を減算することで、
現時点において前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量を算出するとともに、
現時点において前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量から推定されるNO_x浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO₂の量を少なくする制御装置を備える内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 2】

前記制御装置は、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO_x中のNO₂の比率を高くすることにより、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO₂の量を多くし、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO_x中のNO₂の比率を低くすることにより、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO₂の量を少なくする請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装

10

20

置。

【請求項 3】

前記制御装置は、現時点において前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることを、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が、アンモニアと NO_2 とが反応する所定温度以上の場合に行う請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】

前記制御装置は、現時点において前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることを、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が、 NO を還元可能な温度未満の場合に行う請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 5】

前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒を備え、

前記制御装置は、前記酸化機能を有する触媒に流入する未燃燃料量を多くすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】

前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒と、

前記酸化機能を有する触媒よりも上流の排気中に酸素を供給する酸素供給装置と、
を備え、

前記制御装置は、前記酸素供給装置により前記酸化機能を有する触媒よりも上流の排気中に供給する酸素の量を少なくすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくする請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 7】

前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒と、

前記酸化機能を有する触媒に熱を供給する熱供給装置と、
を備え、

前記制御装置は、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が前記所定温度以上になるまで、前記熱供給装置により前記酸化機能を有する触媒に熱を供給させる請求項 3 に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気浄化装置に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の排気の温度が低いときに、アンモニアと NO_x とが反応して生成される硝酸アンモニウムを、選択還元型 NO_x 触媒（以下、SCR 触媒ともいう。）に保持することにより、 NO_x が大気中へと放出されることを抑制する技術が知られている。（例えば、特許文献 1 参照。）

【0003】

ところで、SCR 触媒の温度や排気の温度が低いときには、SCR 触媒にアンモニアを供給することが困難な場合もある。この場合、SCR 触媒が吸着しているアンモニア量を増加させることができない。一方、硝酸アンモニウムが生成されるときには、アンモニアが消費されるので、SCR 触媒が吸着しているアンモニア量が減少する。そして、SCR 触媒の温度が十分に上昇して活性化したときに、SCR 触媒が吸着しているアンモニア量が少ないと、 NO_x を還元するためのアンモニアが不足する虞がある。また、硝酸アンモニウムの生成量が多いと、SCR 触媒の温度が上昇しても、該硝酸アンモニウムが除去さ

10

20

30

40

50

れるまでに時間がかかる。そして、SCR触媒の温度がNO_xを還元するのに十分な温度まで上昇しても、硝酸アンモニウムが存在する箇所では、アンモニアを吸着することができなくなる。このため、NO_xを浄化することが困難となる。したがって、硝酸アンモニウムを生成するときにはNO_xの流出を抑制できるが、その後、SCR触媒の温度が十分に上昇した場合にアンモニアの不足によりNO_xが流出し、全体としてはNO_xの流出量が多くなる虞がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-320854号公報

10

【特許文献2】特開2012-031787号公報

【特許文献3】特開2004-346794号公報

【特許文献4】特開2011-102573号公報

【特許文献5】特開2010-101237号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、上記したような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、大気中に放出されるNO_x量を低減することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

上記課題を達成するために本発明による内燃機関の排気浄化装置は、
内燃機関の排気通路に設けられアンモニアを還元剤としてNO_xを還元する選択還元型NO_x触媒と、

前記選択還元型NO_x触媒へアンモニアを供給する供給装置と、

前記選択還元型NO_x触媒の温度を測定または推定する温度検出装置と、

前記選択還元型NO_x触媒において生成された硝酸アンモニウムの量を測定または推定する硝酸アンモニウム量検出装置と、

を備える内燃機関の排気浄化装置において、

前記内燃機関の始動時に前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量から、
前記選択還元型NO_x触媒において生成された硝酸アンモニウムの量を減算することで、
現時点において前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量を算出するとともに、
現時点において前記選択還元型NO_x触媒が吸着しているアンモニア量から推定されるNO_x浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型NO_x触媒に流入するNO₂の量を少なくする制御装置を備える。

30

【0007】

SCR触媒の温度がある程度高くなると、アンモニアとNO₂とが反応して硝酸アンモニウムが生成される。この硝酸アンモニウムは、SCR触媒に留まるため、NO₂を硝酸アンモニウムに変換してSCR触媒に貯蔵しておくことにより、NO_xが大気中への放出されることを抑制できる。また、アンモニアとNO₂とが反応を始める温度は、NOが還元される温度よりも低いために、より低い温度においてもNO_xが大気中へ放出されることを抑制できる。

40

【0008】

しかし、硝酸アンモニウムを生成するときにはNO_xの流出を抑制できるが、その後、SCR触媒の温度が十分に高くなったときにアンモニアが不足する虞がある。これに対し、NO_x浄化率が閾値未満となるまでアンモニアの吸着量が減少した場合に、硝酸アンモニウムの生成を抑制すれば、SCR触媒の温度が十分に高くなったときに速やかにNO_xを浄化することができるので、全体としてのNO_x浄化率を低減することができる。なお、閾値は、許容範囲の下限值となるNO_x浄化率又は許容範囲の下限值となる虞のあるNO_x浄化率とすることができる。

50

【0009】

なお、SCR触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることには、制御手段により NO_2 量を多くしないこと、または制御手段により NO_2 量を多くしてはいるがその度合いを小さくすることを含む。さらに、 NO_x 中の NO_2 の比率を低くすることにより、 NO_2 の量を少なくしてもよい。

【0010】

前記制御装置は、前記内燃機関の始動時に前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量から、前記選択還元型 NO_x 触媒において硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニアの量を減算することで、現時点において前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量を算出してもよい。

10

【0011】

本発明においては、前記制御装置は、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_x 中の NO_2 の比率を高くすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を多くし、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_x 中の NO_2 の比率を低くすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることができる。

【0012】

ここで、 NO_x は主に NO と NO_2 とからなる。すなわち、 NO_x 中の NO_2 の比率を高めることにより、 NO_x 中の NO の比率が低くなる。また、 NO と NO_2 との比率を変化させても、 NO_x の量自体は変化しない。そして、 NO がSCR触媒において還元される温度は、 NO_2 から硝酸アンモニウムが生成される温度よりも高い。このため、SCR触媒の温度が低いときに、 NO_2 の比を高くすることにより、SCR触媒から NO_x が流出することを抑制できる。一方、SCR触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、 NO_2 の比を低くすることにより硝酸アンモニウムの生成を抑制することができる。これにより、 NO_x 浄化率の低下を抑制できる。

20

【0013】

本発明においては、前記制御装置は、現時点において前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることを、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が、アンモニアと NO_2 とが反応する所定温度以上の場合に行うことができる。

30

【0014】

ここで、SCR触媒の温度が所定温度以上であれば、アンモニアと NO_2 とが反応して硝酸アンモニウムが生成される。このような温度の場合であって、 NO_x 浄化率が閾値未満の場合に、SCR触媒に流入する NO_2 の量を少なくすれば、硝酸アンモニウムの生成量を減少させることができるため、 NO_x 浄化率の低下を抑制できる。一方、SCR触媒の温度が所定値未満であれば、アンモニアと NO_2 とが反応しないため、硝酸アンモニウムも生成されないで、SCR触媒に流入する NO_2 の量を少なくする必要はない。なお、所定温度は、アンモニアと NO_2 とが反応して硝酸アンモニウムの生成が始まる最低温度としてもよく、SCR触媒に流入する NO_2 量に対して生成される硝酸アンモニウム量の比が最も高くなる温度としてもよい。また、SCR触媒の温度上昇に応じてSCR触媒に流入する NO_2 量に対して生成される硝酸アンモニウム量の比が変化する範囲の任意の温度としてもよい。

40

【0015】

本発明においては、前記制御装置は、現時点において前記選択還元型 NO_x 触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、閾値以上の場合よりも、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることを、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が、 NO を還元可能な温度未満の場合に行うことができる。

【0016】

ここで、SCR触媒の温度が NO を還元可能な温度まで高くなれば、硝酸アンモニウムを生成しなくても、 NO 及び NO_2 を還元することができる。このため、硝酸アンモニウ

50

ムを生成する必要はない。また、ＳＣＲ触媒の温度が高くなると硝酸アンモニウムを生成することができなくなるため、ＳＣＲ触媒に流入する NO_2 の量を多くする必要はない。そして、ＳＣＲ触媒に流入する NO_2 の量を低減し、 NO の量を増加させることにより、 NO と NO_2 とアンモニアとが反応することを促進することができるので、 NO_x 浄化率を高くすることができる。

【００１７】

本発明においては、前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒を備え、

前記制御装置は、前記酸化機能を有する触媒に流入する未燃燃料量を多くすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることができる。

10

【００１８】

酸化機能を有する触媒を NO が通過するとき、排気中に含まれる酸素により NO が酸化されて NO_2 となる。しかし、このときに排気中に未燃燃料が含まれると、排気中の酸素は未燃燃料の酸化のために消費される。そして、 NO のままＳＣＲ触媒に流入しても、アンモニアとは反応せずに、ＳＣＲ触媒を通過してしまう。したがって、排気中の未燃燃料量を低減することにより、排気中の酸素が未燃燃料により消費されることを抑制できる。すなわち、 NO の酸化を促進させることができるので、ＳＣＲ触媒に流入する NO_2 の量を増加させることができる。一方、ＳＣＲ触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、 NO_2 の量を少なくすることにより硝酸アンモニウムの生成を抑制することができる。すなわち、酸化機能を有する触媒に流入する未燃燃料量を多くすることにより、 NO の酸化が抑制されるため、 NO_2 の量を少なくすることができる。

20

【００１９】

本発明においては、前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒と、前記酸化機能を有する触媒よりも上流の排気中に酸素を供給する酸素供給装置と、を備え、

前記制御装置は、前記酸素供給装置により前記酸化機能を有する触媒よりも上流の排気中に供給する酸素の量を少なくすることにより、前記選択還元型 NO_x 触媒に流入する NO_2 の量を少なくすることができる。

【００２０】

30

酸化機能を有する触媒に酸素を供給すると、酸化機能を有する触媒において NO が酸化され易くなるので、ＳＣＲ触媒に流入する NO_2 の量を増加させることができる。一方、ＳＣＲ触媒が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、 NO_2 の量を少なくすることにより硝酸アンモニウムの生成を抑制することができる。すなわち、酸化機能を有する触媒に流入する酸素の量を少なくすることにより、 NO の酸化が抑制されるため、 NO_2 の量を少なくすることができる。

【００２１】

本発明においては、前記選択還元型 NO_x 触媒よりも上流に酸化機能を有する触媒と、前記酸化機能を有する触媒に熱を供給する熱供給手段と、を備え、

40

前記制御手段は、前記選択還元型 NO_x 触媒の温度が前記所定温度以上になるまで、前記熱供給手段により前記酸化機能を有する触媒に熱を供給させてもよい。

【００２２】

酸化機能を有する触媒の温度を速やかに上昇させることにより、速やかに NO を酸化可能とすることができるので、早期にＳＣＲ触媒に流入する NO_2 の量を増加させることができる。

【発明の効果】

【００２３】

本発明によれば、大気中に放出される NO_x 量を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【0024】

【図1】実施例1に係る内燃機関の概略構成を示す図である。

【図2】一般的な、SCR触媒の温度と、NO_x浄化率との関係を示した図である。

【図3】SCR触媒の温度と、NO及びNO₂の浄化率との関係を示した図である。

【図4】NO浄化率、NO₂浄化率、NO₂比率の推移を示したタイムチャートである。

【図5】SCR触媒の温度、内燃機関から排出されるHC量、CO量、SCR触媒よりも下流側のNO_x濃度（NO_x量としてもよい）、SCR触媒よりも下流側のNO濃度（NO量としてもよい）の推移を示したタイムチャートである。

【図6】硝酸アンモニウム生成量を算出するフローを示したフローチャートである。

【図7】SCR触媒の温度と、硝酸アンモニウム生成率との関係を示した図である。

【図8】SCR触媒の温度と、硝酸アンモニウムの分解量との関係を示した図である。

【図9】硝酸アンモニウム生成量を算出する他のフローを示したフローチャートである。

【図10】SCR触媒6の温度と、硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAとの関係を示した図である。

【図11】アンモニア吸着量（NH₃吸着量）と、SCR触媒におけるNO_x浄化率との関係を示した図である。

【図12】SCR触媒の温度、内燃機関1から排出されるHC量、CO量、SCR触媒よりも下流側のNO_x濃度（NO_x量としてもよい）、SCR触媒よりも下流側のNO濃度（NO量としてもよい）、SCR触媒が吸着している硝酸アンモニウムの量（硝酸アンモニウム堆積量）、アンモニア吸着量の推移を示したタイムチャートである。

【図13】実施例1に係るSCR触媒の低温時の制御フローを示したフローチャートである。

【図14】実施例1に係るSCR触媒の低温時の制御フローであってSCR触媒の温度を考慮したフローを示したフローチャートである。

【図15】実施例2に係る内燃機関の概略構成を示す図である。

【図16】実施例2に係る内燃機関の概略構成を示す他の図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下に図面を参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に詳しく説明する。ただし、この実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に記載がない限りは、この発明の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものではない。

【0026】

（実施例1）

図1は、本実施例に係る内燃機関の概略構成を示す図である。図1に示す内燃機関1は、ディーゼル機関である。

【0027】

内燃機関1には、排気通路2が接続されている。この排気通路2の途中には、上流側から順に、酸化触媒3、フィルタ4、還元剤噴射弁5、選択還元型NO_x触媒6（以下、SCR触媒6という。）が設けられている。

【0028】

酸化触媒3は、酸化機能を有する触媒であればよく、例えば三元触媒または吸蔵還元型NO_x触媒であってもよい。

【0029】

また、フィルタ4は、排気中の粒子状物質（PM）を捕集する。なお、フィルタ4には、触媒が担持されていてもよい。この場合、酸化触媒3は、必ずしも必要ではない。フィルタ4によってPMが捕集されることで、該フィルタ4にPMが徐々に堆積する。そして、フィルタ4の温度を強制的に上昇させる、所謂フィルタ4の再生処理を実行することで、該フィルタ4に堆積したPMを酸化させて除去することができる。たとえば、酸化触媒3に未燃燃料（HCまたはCO）を供給することでフィルタ4の温度を上昇させることが

できる。

【 0 0 3 0 】

還元剤噴射弁 5 は、還元剤を噴射するときを開き、還元剤の噴射を停止するとき閉じる。還元剤には、アンモニア (NH_3) が用いられる。なお、還元剤噴射弁 5 は、アンモニアを噴射してもよく、尿素を噴射してもよい。還元剤噴射弁 5 から噴射された尿素は、排気の熱または S C R 触媒 6 からの熱により加水分解されてアンモニアとなり、S C R 触媒 6 に吸着する。このアンモニアは、S C R 触媒 6 において還元剤として利用される。すなわち、還元剤噴射弁 5 からは、アンモニアに変化する物質、または、アンモニアを供給する。アンモニアまたは尿素は、気体、液体 (水溶液)、固体の何れの状態で供給してもよい。なお、本実施例においては還元剤噴射弁 5 が、本発明における供給装置に相当する。また、本実施例では、還元剤噴射弁 5 から尿素水を噴射するものとして説明する。

10

【 0 0 3 1 】

S C R 触媒 6 は、還元剤を吸着しておき、 NO_x が通過するときに、吸着していた還元剤により NO_x を選択還元する機能を有する。したがって、S C R 触媒 6 に還元剤としてアンモニアを予め吸着させておけば、S C R 触媒 6 において、 NO_x をアンモニアにより還元させることができる。

【 0 0 3 2 】

また、フィルタ 4 よりも下流で且つ S C R 触媒 6 よりも上流の排気通路 2 には、排気の温度を検出する温度センサ 1 1 と、排気中の NO_x 濃度を検出する上流側 NO_x センサ 1 2 と、が取り付けられている。なお、温度センサ 1 1 によりフィルタ 4 の温度または S C R 触媒 6 の温度を検出することができる。また、上流側 NO_x センサ 1 2 により、S C R 触媒 6 に流入する排気中の NO_x 濃度を検出することができる。また、S C R 触媒 6 よりも下流の排気通路 2 には、排気中の NO_x 濃度を検出する下流側 NO_x センサ 1 3 が取り付けられている。

20

【 0 0 3 3 】

なお、S C R 触媒 6 よりも下流側に温度センサを取り付けて、該温度センサにより S C R 触媒 6 の温度を検出してもよい。また、内燃機関 1 の運転状態に基づいて、S C R 触媒 6 の温度を推定することもできる。例えば、機関回転数、燃料噴射量、及び吸入空気量と、S C R 触媒 6 の温度と、には相関関係があるため、これらの関係を予め実験等により求めてマップ化しておいてもよい。そして、本実施例においては温度センサ 1 1 が、本発明における温度検出装置に相当する。

30

【 0 0 3 4 】

内燃機関 1 には、気筒内に燃料を噴射する燃料噴射弁 7 が設けられている。また、内燃機関 1 には、吸気通路 8 が接続されている。吸気通路 8 の途中には、内燃機関 1 の吸入空気量を調整するスロットル 9 が設けられている。また、スロットル 9 よりも上流の吸気通路 8 には、内燃機関 1 の吸入空気量を検出するエアフローメータ 1 5 が取り付けられている。

【 0 0 3 5 】

また、内燃機関 1 には、排気通路 2 内を流通する排気の一部を吸気通路 8 へ再循環させる E G R 装置 3 0 が備えられている。この E G R 装置 3 0 は、酸化触媒 3 よりも上流の排気通路 2 とスロットル 9 よりも下流の吸気通路 8 とを接続する E G R 通路 3 1、及び E G R 通路 3 1 の通路断面積を調整する E G R 弁 3 2 を備えている。

40

【 0 0 3 6 】

以上述べたように構成された内燃機関 1 には、該内燃機関 1 を制御するための電子制御ユニットである E C U 1 0 が併設されている。この E C U 1 0 は、内燃機関 1 の運転条件や運転者の要求に応じて内燃機関 1 を制御する。

【 0 0 3 7 】

また、E C U 1 0 には、上記センサの他、運転者がアクセルペダル 1 6 を踏み込んだ量に応じた電気信号を出力し機関負荷を検知するアクセル開度センサ 1 7、および機関回転数を検知するクランクポジションセンサ 1 8 が電気配線を介して接続され、これら各種セ

50

ンサの出力信号が ECU 10 に入力される。

【0038】

一方、ECU 10 には、還元剤噴射弁 5、燃料噴射弁 7、スロットル 9、EGR 弁 32 が電気配線を介して接続されており、該 ECU 10 により還元剤噴射弁 5 及び燃料噴射弁 7 の開閉時期、スロットル 9 及び EGR 弁 32 の開度が制御される。

【0039】

そして、ECU 10 は、SCR 触媒 6 の温度に応じて、該 SCR 触媒 6 に流入する全 NOx 量に対する NO₂ 量の比を調整する。なお、NOx は、主に NO と NO₂ とからなるため、NO と NO₂ との比率を調整するとしてもよい。

【0040】

ここで、SCR 触媒 6 は、ある程度温度が高くなないと NOx を還元することができない。すなわち、SCR 触媒 6 の温度が NOx を浄化可能な温度に達するまでは、NOx を浄化することができない。そして、SCR 触媒 6 がアンモニアを吸着している場合には、SCR 触媒 6 の温度が上昇する過程で、まず NO₂ とアンモニアとが反応し、さらに温度が高くなると、NO 及び NO₂ がアンモニアと反応する。すなわち、NO と NO₂ とでは、SCR 触媒 6 においてアンモニアと反応する最低温度が異なる。

【0041】

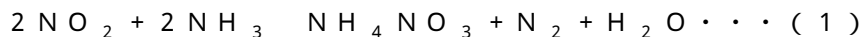
図 2 は、一般的な、SCR 触媒 6 の温度と、NOx 浄化率との関係を示した図である。NOx には、NO および NO₂ が含まれる。一般的には、SCR 触媒 6 の温度が例えば 180℃ 以上で、該 SCR 触媒 6 における NOx 浄化能力が高い状態を維持できると認識されている。しかし、180℃ 未満であっても、NO₂ とアンモニアとが反応して硝酸アンモニウムが生成される。

【0042】

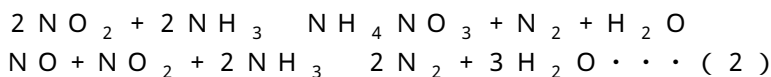
図 3 は、SCR 触媒 6 の温度と、NO 及び NO₂ の浄化率との関係を示した図である。図 3 において A で示される温度は、NO₂ の浄化率が高くなったときの温度である。B で示される温度は、NO₂ の浄化率は高くなった後で、且つ、NO の浄化率が高くなる途中の温度である。C で示される温度は、NO の浄化率が高くなったときの温度である。

【0043】

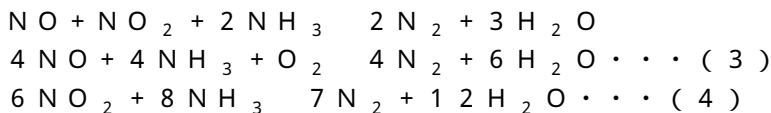
SCR 触媒 6 の温度が、A から B の間の場合には、主に以下の反応が起こる。



また、SCR 触媒 6 の温度が、B から C の間の場合には、主に以下の反応が起こる。



また、SCR 触媒 6 の温度が、C よりも高い場合には、主に以下の反応が起こる。



【0044】

すなわち、A から B の間の温度では、アンモニアと NO₂ とは反応するが、アンモニアと NO とは殆ど反応しない。したがって、SCR 触媒 6 の温度が、A から B の間の温度のときに、SCR 触媒 6 に NO が流入すると、SCR 触媒 6 において NO が還元されずに SCR 触媒 6 から流出する。一方、SCR 触媒 6 の温度が、A から B の間の温度のときに、SCR 触媒 6 に NO₂ が流入すると、SCR 触媒 6 において硝酸アンモニウム (NH₄NO₃) が生成されて、該硝酸アンモニウムが SCR 触媒 6 に吸着されるため、SCR 触媒 6 から NO₂ が流出することを抑制できる。

【0045】

すなわち、SCR 触媒 6 の温度が A から B までの間の温度の場合には、SCR 触媒 6 に流入する NOx 中の NO₂ の比を高めることにより、該 SCR 触媒 6 から NOx が流出することを抑制できる。そこで、ECU 10 は、SCR 触媒 6 の温度が A から B までの間の温度の場合に、SCR 触媒 6 に流入する NOx 中の NO₂ の比率を高める (NO₂ 量を増

10

20

30

40

50

加させる)。そして、本実施例では、内燃機関 1 から排出される未燃燃料 (HC, CO) 量を低減することにより、NO₂ 量を増加させ、内燃機関 1 から排出される未燃燃料 (HC, CO) 量を増加することにより、NO₂ 量を減少させる。

【0046】

ここで、排気中に酸素が存在すれば、NO が NO₂ に酸化され得る。しかし、酸素は NO よりも HC, CO と反応し易いため、排気中に HC, CO が存在すると、NO の酸化が阻害される。したがって、排気中の HC, CO の量を低減することにより、NO の酸化を促進させることができる。

【0047】

そして、ECU 10 は、内燃機関 1 から排出される未燃燃料を低減するために、燃料噴射弁 7 における主噴射の時期を進角させるか、または、主噴射の後の副噴射 (アフター噴射) の量を減少させる。なお、アフター噴射を停止してもよい。

【0048】

ここで、各触媒の低温時には、該触媒の温度を上昇させるための燃焼モードである昇温燃焼モードが実施される。昇温燃焼モードは、燃料噴射弁 7 における主噴射の時期を遅角させたり、主噴射の後にアフター噴射を実施したり、該アフター噴射の量を増加させたりすることで、内燃機関 1 から未燃燃料を排出させたり、内燃機関 1 から温度の高いガスを排出させたりする燃焼モードである。内燃機関 1 から未燃燃料を排出させることにより、該未燃燃料を触媒上で酸化させて、該触媒の温度を上昇させることができる。この昇温燃焼モードは、酸化触媒 3 及び SCR 触媒 6 の温度が十分高くなるまで実施される。

【0049】

そして、酸化触媒 3 及び SCR 触媒 6 の温度が十分高くなり、NO_x 浄化率が許容範囲内となった後は、内燃機関 1 の運転状態 (機関回転数や機関負荷) に応じて主噴射時期やアフター噴射量が決定される。このような燃焼モードを、以下、通常燃焼モードという。

【0050】

一方、SCR 触媒 6 の温度が、前記 A から B までの間の温度の場合には、昇温燃焼モードを実施する場合よりも未燃燃料の排出量を低減することにより、NO の酸化を促進させる。このときの未燃燃料の排出量は、通常燃焼モード以上で且つ昇温燃焼モードよりも少ない。このような燃焼モードを、以下、硝酸アンモニウム生成燃焼モードという。

【0051】

従来では、SCR 触媒 6 の温度が、NO_x 浄化率が十分に高くなる前記 C で示される温度 (例えば、180) になるまでは、昇温燃焼モードが実施され、C で示される温度以上の場合に、通常燃焼モードが実施されていた。一方、本実施例では、SCR 触媒 6 の温度上昇の過程で、最初に昇温燃焼モードを実施するが、前記 A で示される温度に達すると硝酸アンモニウム生成燃焼モードを実施し、そして、前記 B で示される温度以上になると、前記 C で示される温度 (例えば、180) に達するまでは、昇温燃焼モードを実施し、C で示される温度以上の場合に、通常燃焼モードを実施する。

【0052】

このように、SCR 触媒 6 の温度が、前記 A から B までの間の温度である場合に、酸化触媒 3 または SCR 触媒 6 に流入する未燃燃料 (HC, CO) の量を低減させることにより、NO の酸化を促進させて NO_x 中の NO₂ の比率を高めることができる。これにより、SCR 触媒 6 において、硝酸アンモニウムをより多く生成することができるので、NO_x が SCR 触媒 6 を通り抜けることを抑制できる。すなわち、SCR 触媒 6 における NO_x 浄化率を向上させることができる。

【0053】

なお、本実施例においては、NO₂ の浄化率が十分に高くなったときの温度を A として、該 A の温度から硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始しているが、これに代えて、NO₂ の浄化率の上昇が始まる温度から硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始してもよい。また、NO₂ の浄化率の上昇途中で硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始してもよい。硝酸アンモニウムの生成が始まる温度から、硝酸アンモニウムの生成量が最大となる温

10

20

30

40

50

度までの間に硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始すればよい。

【 0 0 5 4 】

例えば、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始する温度を NO_2 の浄化率の上昇が始まるときの温度に近付けるほど、 HC 、 CO の排出がより低い温度で制限されることになり、硝酸アンモニウムの生成量は増加する。しかし、酸化触媒 3 及び SCR 触媒 6 の温度上昇が緩慢になるため、 SCR 触媒 6 が活性化して通常燃焼モードに移行するまでに時間がかかる。このため、燃費が悪化する虞がある。

【 0 0 5 5 】

逆に、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始する温度を高くするほど、酸化触媒 3 及び SCR 触媒 6 の温度上昇を促進させることができるが、硝酸アンモニウムの生成量は低減する。このため、大気中へ排出される NO_x 量が多くなる虞がある。硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始する温度の最適値は、例えば大気中への NO_x の排出量や燃費を考慮して予め実験又はシミュレーション等により求めて $\text{ECU}10$ に記憶させておいてもよい。例えば、 SCR 触媒 6 から流出する NO_x 量が全体として低減するように、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを開始する温度を決定してもよい。また、この温度は、運転条件に応じて変化させてもよい。

【 0 0 5 6 】

また、本実施例では、 NO_2 の浄化率が高くなった後で、且つ、 NO の浄化率が高くなる途中の温度を B とし、該 B の温度に達した後は昇温燃焼モードを実施しているが、これに代えて、 NO の浄化率の上昇が始まる温度から、 NO の浄化率が十分に高くなる温度（ C の温度）までの間の温度で昇温燃焼モードを開始してもよい。昇温燃焼モードを開始する温度の最適値は、例えば大気中への NO_x の排出量や燃費を考慮して予め実験又はシミュレーション等により求めて $\text{ECU}10$ に記憶させておいてもよい。例えば、 SCR 触媒 6 から流出する NO_x 量が全体として低減するように、昇温燃焼モードを開始する温度を決定してもよい。また、この温度は、運転条件に応じて変化させてもよい。

【 0 0 5 7 】

図 4 は、 NO 浄化率、 NO_2 浄化率、 NO_2 比率の推移を示したタイムチャートである。 NO_2 比率は、 NO と NO_2 との比率であり、 NO に対して NO_2 が多くなるほど、大きな値となる。一点鎖線は、 SCR 触媒 6 の温度を示す。

【 0 0 5 8 】

図 4 において、 TA は、前記（ 1 ）の反応が起こる期間であり、 SCR 触媒 6 において硝酸アンモニウムが生成される期間である。 TB は、 SCR 触媒 6 の温度が例えば 180

以上になる期間であり、前記（ 2 ）の反応が起こる期間である。 TC は、 SCR 触媒 6 の温度が例えば 220 以上になる期間であり、前記（ 3 ）の反応が起こる期間である。 TD は、 SCR 触媒 6 の温度が例えば 280 以上になる期間であり、前記（ 4 ）の反応が起こる期間である。

【 0 0 5 9 】

このように、 SCR 触媒 6 の温度に応じて、 NO 及び NO_2 の反応が異なり、 NO_2 の方が NO よりも、低い温度から浄化率が高くなる。

【 0 0 6 0 】

図 5 は、 SCR 触媒 6 の温度、内燃機関 1 から排出される HC 量、 CO 量、 SCR 触媒 6 よりも下流側の NO_x 濃度（ NO_x 量としてもよい）、 SCR 触媒 6 よりも下流側の NO 濃度（ NO 量としてもよい）の推移を示したタイムチャートである。

【 0 0 6 1 】

$TA1$ の時点において、 SCR 触媒 6 の温度が前記 A の温度に達している。 $TB1$ の時点において、 SCR 触媒 6 の温度が前記 B の温度に達している。 $TC1$ の時点において、 SCR 触媒 6 の温度が前記 C の温度に達している。実線は、 $TA1$ から $TB1$ までの期間において硝酸アンモニウム生成燃焼モードを実施した場合を示し、一点鎖線は、 $TA1$ から $TB1$ までの期間において硝酸アンモニウム生成燃焼モードの代わりに昇温燃焼モードを実施した場合を示している。

【 0 0 6 2 】

図 5 の実線の場合、T A 1 から T B 1 までの期間において硝酸アンモニウム生成燃焼モードが実施され、T B 1 から T C 1 までの期間において昇温燃焼モードが実施され、T C 1 よりも後の期間において通常燃焼モードが実施される。一方、図 5 の一点鎖線の場合、T A 1 から T C 1 までの期間において昇温燃焼モードが実施され、T C 1 よりも後の期間において通常燃焼モードが実施される。

【 0 0 6 3 】

このように、従来（一点鎖線）では、T A 1 の時点以降に、内燃機関 1 から排出される H C 量及び C O 量を増加させることにより、S C R 触媒 6 の温度上昇を図っている。この場合、酸化触媒 3 及び S C R 触媒 6 において、H C , C O が酸化されるため、排気中の酸素量が減少する。このため、N O の酸化が抑制される。そして、このときには S C R 触媒 6 で N O とアンモニアとが反応しないので、N O が S C R 触媒 6 を通り抜ける。すなわち、S C R 触媒 6 よりも下流の N O x 濃度及び N O 濃度が比較的高くなる。

【 0 0 6 4 】

一方、本実施例（実線）では、T A 1 から T B 1 までの期間では、H C , C O の排出量が低減されるため、酸化触媒 3 及び S C R 触媒 6 において酸素と N O とが反応して N O₂ が生成される。すなわち、このときの温度では S C R 触媒 6 を通り抜けてしまう N O 量を減少させ、S C R 触媒 6 においてアンモニアと反応して硝酸アンモニウムを生成させる N O₂ 量を増加させることができる。これにより、S C R 触媒 6 よりも下流の N O x 濃度及び N O 濃度が比較的低くなる。

【 0 0 6 5 】

ところで、排気中の N O₂ と S C R 触媒 6 に吸着されているアンモニアとが反応して硝酸アンモニウムが生成されるため、硝酸アンモニウム生成量の増加に応じて、S C R 触媒 6 におけるアンモニア吸着量が減少する。また、S C R 触媒 6 の温度が前記 B の温度に達するまでは、尿素水を供給してもアンモニアに変化しないため、アンモニア吸着量を増加させることができない。さらに、硝酸アンモニウムは約 2 1 0 ℃ で分解され、S C R 触媒 6 から除去されるが、硝酸アンモニウム生成量が多くなると、すべての硝酸アンモニウムが分解されるまでに時間がかかる。そして、S C R 触媒 6 に硝酸アンモニウムが存在する箇所では、アンモニアを吸着することができない。

【 0 0 6 6 】

すなわち、硝酸アンモニウム生成量が多くなると、S C R 触媒 6 の温度が N O x を浄化可能な温度に達したとしても、アンモニアが不足することにより N O x の浄化が困難になる虞がある。そして、硝酸アンモニウムを生成することにより大気中への放出が抑制された N O x 量よりも、アンモニアが不足することにより大気中へ放出される N O x 量が上回ると、全体としては大気中への N O x の排出量が増加し得る。

【 0 0 6 7 】

これに対して本実施例では、N O x 浄化率を許容範囲内とするために必要となるアンモニア吸着量を維持できるように、硝酸アンモニウムの生成量を制限する。E C U 1 0 は、S C R 触媒 6 で生成された硝酸アンモニウムの量（以下、硝酸アンモニウム生成量ともいう。）、及び、S C R 触媒 6 が吸着しているアンモニア量（以下、アンモニア吸着量ともいう。）を推定し、N O x 浄化率が許容範囲内となるアンモニア吸着量を維持できるように、硝酸アンモニウムの生成を抑制する。

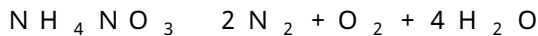
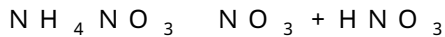
【 0 0 6 8 】

具体的には、硝酸アンモニウムを生成するよりも前のアンモニア吸着量から硝酸アンモニウム生成量を減算した値を、現時点におけるアンモニア吸着量とし、この現時点におけるアンモニア吸着量が閾値未満となった場合に、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了し、昇温燃焼モードに移行する。なお、閾値は、N O x 浄化率の許容範囲の下限値となるアンモニア吸着量としてもよく、該下限値となるアンモニア吸着量にある程度の余裕を持たせた値としてもよい。また、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させた後に、通常燃焼モードに移行してもよい。現時点におけるアンモニア吸着量は、硝酸アンモニウムを

生成するよりも前のアンモニア吸着量から、硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニア量を減算した値としてもよい。

【 0 0 6 9 】

ところで、硝酸アンモニウムが分解されるときには、以下の反応が起こり得る。



すなわち、 N_2O が発生し得るが、この N_2O の排出量を少なくする要求もある。これに対して硝酸アンモニウム生成量を低減することにより、 N_2O の排出量を低減することができる。この場合、前記閾値は、 N_2O の排出量が許容範囲の上限値となるアンモニア吸着量、または、該上限値となるアンモニア吸着量にある程度の余裕を持たせた値としてもよい。

10

【 0 0 7 0 】

なお、硝酸アンモニウム生成量は、SCR触媒6に流入する NO_2 が全て硝酸アンモニウムに変化するものとして推定してもよいが、所定の割合で硝酸アンモニウムに変化するものとして推定することもできる。また、SCR触媒6に流入する NO_2 には、SCR触媒6においてNOが酸化されて生成される NO_2 も含む。SCR触媒6に流入する NO_2 量は、内燃機関1から排出されるNO量及び NO_2 量、及び、酸化触媒3及びSCR触媒6にてNOから NO_2 に酸化される量に基づいて得られる。また、酸化触媒3及びSCR触媒6にてNOから NO_2 に酸化される量は、SCR触媒6の温度、吸入空気量から求まる排気の流量などに基づいて算出される。また、推定される硝酸アンモニウム生成量に基づいて、硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニア量を算出することができる。

20

【 0 0 7 1 】

図6は、硝酸アンモニウム生成量G G N Aを算出するフローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU10により所定の時間毎に繰り返し実施される。なお、本実施例においては図6に示すフローを処理するECU10が、本発明における硝酸アンモニウム量検出装置に相当する。

【 0 0 7 2 】

ステップS101では、SCR触媒6に流入する NO_x 量(NO_x 流入量G N O X)が算出される。例えば、上流側 NO_x センサ12により検出されるSCR触媒6に流入する排気中の NO_x 濃度と、エアフローメータ15により検出される吸入空気量と、に基づいて、 NO_x 流入量G N O Xを算出することができる。また、内燃機関1の運転状態(機関回転数、燃料噴射量等)と、 NO_x 流入量G N O Xと、は相関関係にあるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化し、ECU10に記憶させておいてもよい。さらに、吸気中の酸素濃度に基づいて、モデルを用いて計算してもよい。

30

【 0 0 7 3 】

ステップS102では、SCR触媒6に流入する NO_x 中の NO_2 の比率(NO_2 比率R N O 2)が算出される。内燃機関1から排出される NO_x 中の NO_2 の比率は、機関回転数、燃料噴射量、気筒内の温度等と相関関係があるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化し、ECU10に記憶させておくことにより求めることができる。また、酸化触媒3及びSCR触媒6においてNOが酸化されることにより NO_2 の比率が高くなる。一方、HC、COによる NO_2 の還元により NO_2 の比率が低くなる。このように、各触媒における NO_2 の比率の変化分を補正係数R C N O 2として算出する。補正係数R C N O 2は、各触媒におけるNOの酸化分と、HC、COによる NO_2 の還元分とを考慮して決定される。補正係数R C N O 2は、各触媒の温度、各触媒に流入するHC、CO量、排気の流量等と相関関係にあるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化しておく。内燃機関1から排出される NO_x 中の NO_2 の比率に補正係数R C N O 2を乗算して、 NO_2 比率R N O 2を求めるこ

40

50

とができる。

【0074】

ステップS103では、SCR触媒6に流入する NO_2 量 $G_{\text{NO}2}$ が算出される。SCR触媒6に流入する NO_2 量 $G_{\text{NO}2}$ は、ステップS101で算出される NO_x 流入量 $G_{\text{NO}x}$ に、ステップS102で算出される NO_2 比率 $R_{\text{NO}2}$ を乗算することにより算出される。

【0075】

ステップS104では、SCR触媒6内で NO_2 が硝酸アンモニウムに変化する比率（硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} ）が算出される。硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} は、SCR触媒6の温度と相関関係があるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化し、ECU10に記憶させておく。

10

【0076】

ここで、図7は、SCR触媒6の温度と、硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} との関係を示した図である。このように、SCR触媒6の温度に応じて、硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} が変化する。なお、排気の流量が多くなるほど、硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} が低下するので、排気の流量を考慮した二次元マップとしてもよい。

【0077】

ステップS105では、硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} が算出される。硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} は、ステップS103で算出されるSCR触媒6に流入する NO_2 量 $G_{\text{NO}2}$ に、ステップS104で算出される硝酸アンモニウム生成率 R_{GNA} を乗算することで算出される。硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} は、単位時間当たりの生成量として算出されるため、この値を積算することにより、硝酸アンモニウムの生成量の総量を算出することができる。また、ステップS105では、硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} に基づいて、硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニア量を算出してもよい。

20

【0078】

なお、ステップS105で算出される硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} の積算値から、SCR触媒6において分解される硝酸アンモニウムの量 G_{DNA} を減算することで、SCR触媒6が吸着している硝酸アンモニウムの量を算出することもできる。SCR触媒6において分解される硝酸アンモニウムの量 G_{DNA} は、SCR触媒6の温度と相関関係があるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化し、ECU10に記憶させておけばよい。

30

【0079】

図8は、SCR触媒6の温度と、硝酸アンモニウムの分解量との関係を示した図である。このように、SCR触媒6の温度がある程度高くなると、SCR触媒6の温度が高くなるほど、硝酸アンモニウムの単位時間当たりの分解量が多くなる。なお、硝酸アンモニウムの残存量が多いほど、単位時間当たりの分解量が多くなるので、硝酸アンモニウムの残存量を考慮した二次元マップとしてもよい。また、排気の流量が多いほど、分解量が多くなるため、排気の流量に応じて補正してもよい。

【0080】

また、以下のようにして硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} を算出することもできる。ここで、図9は、硝酸アンモニウム生成量 G_{GNA} を算出する他のフローを示したフローチャートである。本ルーチンは、ECU10により所定の時間毎に繰り返し実施される。なお、上述のフローと同じ処理がなされるステップについては、同じ符号を付して説明を省略する。

40

【0081】

本ルーチンでは、ステップS103の処理の後にステップS201へ進む。ステップS201では、SCR触媒6において生成可能な硝酸アンモニウムの量（硝酸アンモニウム生成可能量 G_{PGNA} ）が算出される。硝酸アンモニウム生成可能量 G_{PGNA} は、現時点におけるSCR触媒6の温度から求まるSCR触媒6において単位時間当たりに最大限生成可能な硝酸アンモニウム量である。ここで、硝酸アンモニウム生成可能量 G_{PGNA}

50

を超えてSCR触媒6に流入する NO_2 は、硝酸アンモニウムに変化せずにSCR触媒6から流出する。すなわち、SCR触媒6に流入する NO_2 が全て硝酸アンモニウムに変化するとは限らない。硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAは、SCR触媒6の温度と相関関係があるため、これらの関係を予め実験またはシミュレーションにより求めてマップ化し、ECU10に記憶させておけばよい。

【0082】

図10は、SCR触媒6の温度と、硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAとの関係を示した図である。このように、SCR触媒6の温度に応じて、硝酸アンモニウム生成可能量GPGNA変化する。なお、排気の流量が多いほど、硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAが少なくなるため、排気の流量に応じて補正してもよい。

10

【0083】

ステップS202では、ステップS201で算出される硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAが、ステップS103で算出されるSCR触媒6に流入する NO_2 量GNO2が全て硝酸アンモニウムに変化したときの量以下であるか否か判定される。ステップS202で肯定判定がなされた場合にはステップS203へ進み、硝酸アンモニウム生成量GGNAが、硝酸アンモニウム生成可能量GPGNAと等しいとされる。一方、ステップS202で否定判定がなされた場合にはステップS204へ進み、ステップS103で算出されるSCR触媒6に流入する NO_2 量GNO2が全て硝酸アンモニウムに変化したものとして硝酸アンモニウム生成量GGNAが算出される。

【0084】

20

なお、硝酸アンモニウム生成燃焼モードが開始されるよりも前のアンモニア吸着量は、通常燃焼モードのときのアンモニア吸着量の目標値とすることができる。すなわち、通常燃焼モードのときには、アンモニア吸着量が目標値となるようにアンモニアが供給される。この場合、例えば、アンモニアの供給量の積算値から、 NO_x 浄化率から求まるアンモニアの消費量の積算値を減算することで、アンモニア吸着量を算出し、該アンモニア吸着量が目標値となるように、アンモニアを供給する。アンモニアの供給量は、還元剤噴射弁5の開弁時間に基づいて求めることができる。 NO_x 浄化率は、例えば、SCR触媒6よりも上流側の NO_x 濃度と、SCR触媒6よりも下流側との NO_x 濃度と、から求めることができる。そして、内燃機関1が停止されても、アンモニア吸着量は変わらないので、硝酸アンモニウム生成燃焼モードが開始されるときには、アンモニア吸着量が目標値になっているものとして扱うことができる。なお、アンモニア吸着量は、周知の技術により求めることもできる。

30

【0085】

図11は、アンモニア吸着量(NH_3 吸着量)と、SCR触媒6における NO_x 浄化率との関係を示した図である。アンモニア吸着量が多くなるほど、 NO_x 浄化率は高くなる。

【0086】

ここで、例えば、ECU10は、図11のHで示されるアンモニア吸着量を目標値として還元剤噴射弁5から還元剤を供給する。そして、硝酸アンモニウムが生成されると、アンモニア吸着量が減少する。上述したように硝酸アンモニウムを生成すると、例えば図11のEで示されるアンモニア吸着量となる。なお、図11において、Fで示されるアンモニア吸着量は、 NO_x 浄化率が許容範囲の下限值となるアンモニア吸着量である。すなわち、アンモニア吸着量は、F以上に維持することが望ましい。

40

【0087】

そこで本実施例では、アンモニア吸着量が図11のGの値まで減少したときに、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させる。なお、図11におけるGの値は、Fの値よりも大きい値であって、アンモニア吸着量がFの値まで減少しないように、Fの値に対して余裕を持たせた値である。また、アンモニア吸着量が図11のFの値まで減少したときに、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させてもよい。

【0088】

50

図12は、SCR触媒6の温度、内燃機関1から排出されるHC量、CO量、SCR触媒6よりも下流側のNOx濃度（NOx量としてもよい。）、SCR触媒6よりも下流側のNO濃度（NO量としてもよい。）、SCR触媒6が吸着している硝酸アンモニウムの量（硝酸アンモニウム堆積量）、アンモニア吸着量の推移を示したタイムチャートである。硝酸アンモニウム堆積量は、硝酸アンモニウム生成量と等しいものとする。TA1の時点において、SCR触媒6の温度が前記Aの温度に達している。TB1の時点において、SCR触媒6の温度が前記Bの温度に達している。TC1の時点において、SCR触媒6の温度が前記Cの温度に達している。

【0089】

実線は、アンモニア吸着量が閾値未満になったときに硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させた場合を示し、破線は、アンモニア吸着量が閾値未満になったときに硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させない場合（図5における実線の場合）を示し、一点鎖線は、硝酸アンモニウム生成燃焼モードの代わりに昇温燃焼モードを実施した場合（図5における一点鎖線の場合）を示している。

10

【0090】

なお、図5に示したタイムチャートと比較して、夫々の値の推移が異なるが、これは、内燃機関1の運転状態等に応じて最適の昇温効果が得られるようにHC、COの排出量等を調整しているためである。

【0091】

図12のTA2で示される時点において、アンモニア吸着量が閾値まで減少している。このため、本実施例（実線）では、TA2で示される時点から、HC、COの排出量を従来（一点鎖線）と同じになるまで増加している。

20

【0092】

アンモニア吸着量が閾値未満になったときに硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させない場合（破線）には、TA2の時点よりも後でさらにアンモニア吸着量が減少するため、TB1の時点以降にNOx浄化率が低くなり、NOx及びNOの排出量が多くなる。

【0093】

一方、本実施例（実線）の場合には、TA2からTB1までの期間におけるNOxの排出量は、破線の場合よりも多くなるが、TC1以降のNOxの排出量は、破線の場合よりも少ない。これにより、本実施例では、全体としてのNOx排出量を、破線の場合よりも少なくできる。

30

【0094】

図13は、本実施例に係るSCR触媒6の低温時の制御フローを示したフローチャートである。本ルーチンは、硝酸アンモニウム生成燃焼モード時に、ECU10により、所定の時間毎に実施される。

【0095】

ステップS301では、硝酸アンモニウム堆積量M1が算出される。硝酸アンモニウム堆積量M1は、SCR触媒6が吸着している硝酸アンモニウムの量であり、硝酸アンモニウムの生成量と等しいものとして算出する。なお、ステップS301では、硝酸アンモニウム生成量に基づいて、硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニア量を算出してよい。

40

【0096】

ステップS302では、硝酸アンモニウムが生成される前のアンモニア吸着量M2が算出される。このアンモニア吸着量M2は、内燃機関1の始動時のアンモニア吸着量としてもよく、HC、COの排出量の低減を開始する時点におけるアンモニア吸着量としてもよい。なお、内燃機関1が始動されてからSCR触媒6の温度が前記Bで示される温度になるまでは、尿素がアンモニアに変化しないので、SCR触媒6にアンモニアを供給することができない。また、SCR触媒6の温度が前記Aよりも低いと、SCR触媒6においてアンモニアが反応しないため、アンモニア吸着量は減少しない。

【0097】

50

ステップS303では、ステップS302で算出されるアンモニア吸着量M2からステップS301で算出される硝酸アンモニウム堆積量M1を減算して、現時点におけるアンモニア吸着量Mが算出される。なお、ステップS303では、ステップS302で算出されるアンモニア吸着量M2からステップS301で算出される「硝酸アンモニウムを生成するために消費されたアンモニア量」を減算して、現時点におけるアンモニア吸着量Mを算出してもよい。

【0098】

ステップS304では、現時点におけるアンモニア吸着量Mが閾値以上であるか否か判定される。閾値は、NOx浄化率の許容範囲の下限值となるアンモニア吸着量としてもよく、該下限値となるアンモニア吸着量にある程度の余裕を持たせた値としてもよい。すなわち、本ステップでは、現時点におけるアンモニア吸着量Mが閾値以上であるか否か判定することに代えて、現時点においてSCR触媒6が吸着しているアンモニア量から推定されるNOx浄化率が閾値以上であるか否か判定してもよい。NOx浄化率の閾値は、NOx浄化率の許容範囲の下限值としてもよく、ある程度の余裕を持たせた値としてもよい。

10

【0099】

ステップS304で肯定判定がなされた場合にはステップS305へ進み、一方、否定判定がなされた場合にはステップS306へ進む。

【0100】

ステップS305では、内燃機関1からのHC、COの排出量を減少させて、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを実施する。なお、本実施例においてはステップS305を処理するECU10が、本発明における制御装置に相当する。

20

【0101】

一方、ステップS306では、内燃機関1からのHC、COの排出量を増加させて、昇温燃焼モードを実施する。すなわち、硝酸アンモニウム生成燃焼モードを終了させ、触媒の温度上昇に適した昇温燃焼モードに移行する。

【0102】

なお、本実施例においては、ステップS304において、現時点におけるアンモニア吸着量Mが閾値以上であるか否か判定を行っているが、これに代えて、硝酸アンモニウムの生成量の積算値が所定値以下であるか否か判定してもよい。すなわち、硝酸アンモニウムの生成量の積算値が所定値を超えた場合には、アンモニア吸着量が少ないことによりNOx浄化率を許容範囲内に維持できないと判定してもよい。

30

【0103】

なお、図13に示したフローに対し、SCR触媒6の温度に応じて各燃焼モードを切り替える判断を加えてもよい。図14は、本実施例に係るSCR触媒6の低温時の制御フローであってSCR触媒6の温度を考慮したフローを示したフローチャートである。本ルーチンは、SCR触媒6の低温時に、ECU10により、所定の時間毎に実施される。なお、上述のフローと同じ処理がなされるステップについては、同じ符号を付して説明を省略する。

【0104】

本フローでは、ステップS303の処理の後に、ステップS401が実行される。ステップS401では、SCR触媒6の温度が前記A以上であるか否か判定される。すなわち、SCR触媒6の温度が、硝酸アンモニウムが生成される温度に達しているか否か判定される。

40

【0105】

ステップS401で肯定判定がなされた場合には、ステップS304へ進む。一方、ステップS401で否定判定がなされた場合には、SCR触媒6において硝酸アンモニウムを生成することも、NOxを浄化することもできないため、本ルーチンを終了させる。この場合、昇温燃焼モードを実施してもよい。

【0106】

また、本ルーチンでは、ステップS305またはステップS306の処理の後にステッ

50

プ S 4 0 2 が実行される。ステップ S 4 0 2 では、S C R 触媒 6 の温度が前記 B 以上であるか否か判定される。すなわち、S C R 触媒 6 において硝酸アンモニウムが生成されると共に、N O 及び N O₂ が還元される温度に達しているか否か判定される。

【 0 1 0 7 】

ステップ S 4 0 2 で肯定判定がなされた場合には、ステップ S 4 0 3 へ進む。一方、ステップ S 4 0 2 で否定判定がなされた場合には、ステップ S 4 0 1 へ戻る。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 4 0 3 では、H C , C O の排出量を増加させて、昇温燃焼モードを実施する。すなわち、内燃機関 1 から排出される H C , C O 量を比較的多くして、酸化触媒 3 等において H C , C O を酸化させ、このときに発生する熱により、S C R 触媒 6 の温度を上昇させる。このときには、S C R 触媒 6 において N O 及び N O₂ が還元されているので、N O x 中の N O₂ の比を高くする必要はない。

【 0 1 0 9 】

ステップ S 4 0 4 では、S C R 触媒 6 の温度が前記 C 以上であるか否か判定される。すなわち、S C R 触媒 6 が完全に活性し、本来の浄化性能を発揮することができる温度に達したか否か判定される。ステップ S 4 0 4 で肯定判定がなされた場合にはステップ S 4 0 5 へ進み、一方、否定判定がなされた場合には、ステップ S 4 0 2 へ戻る。

【 0 1 1 0 】

ステップ S 4 0 5 では、S C R 触媒 6 の昇温燃焼モードが終了され、通常燃焼モードに移行する。通常の燃焼モードでは、内燃機関 1 の運転状態（例えば機関回転数及び機関負荷）に基づいて、主噴射量や主噴射、アフター噴射時期、アフター噴射量などが調整される。これらの関係は、燃費や機関出力が最適な状態となるように予め実験等により求めてマップ化されている。この後、本ルーチンを終了させる。

【 0 1 1 1 】

なお、本実施例においては、酸化触媒 3 を備えているが、S C R 触媒 6 においても H C , C O が酸化されるため、酸化触媒 3 を備えていない場合であっても、S C R 触媒 6 に流入する未燃燃料の量を低減することにより、N O の酸化を促進させることができる。

【 0 1 1 2 】

また、本実施例では、燃料噴射時期の進角、又は、アフター噴射量の減少により、内燃機関 1 からの H C , C O の排出を抑制しているが、他の手法により H C , C O を低減してもよい。また、複数の手法を組み合わせてもよい。

【 0 1 1 3 】

例えば、E G R 装置 3 0 を備えている場合には、昇温燃焼モードのときよりも、硝酸アンモニウム生成燃焼モードのときのほうが、E G R ガス量が少なくなるようにしてもよい。すなわち、硝酸アンモニウム生成燃焼モードのときに E G R 弁 3 2 の開度を小さくしてもよい。また、硝酸アンモニウム生成燃焼モードのときに、E G R ガスの供給を停止してもよい。そうすると、燃焼状態がより安定するので、内燃機関 1 からの未燃燃料の排出量を低減することができる。これにより、N O の酸化を促進させることができる。

【 0 1 1 4 】

また、内燃機関 1 から排出される H C , C O 量は変化させずに、酸化触媒 3 及び S C R 触媒 6 に流入する H C , C O 量を低減してもよい。例えば、酸化触媒 3 よりも上流の排気通路 2 内に燃料を添加する燃料添加弁を備えている場合には、昇温燃焼モードのときよりも、硝酸アンモニウム生成燃焼モードのときのほうが、該燃料添加弁からの燃料添加量が少なくなるようにしてもよい。また、硝酸アンモニウム生成燃焼モードのときに、燃料添加弁からの燃料添加を停止してもよい。これにより、酸化触媒 3 及び S C R 触媒 6 において燃料が酸素と反応することを抑制できるので、N O の酸化を促進させることができる。

【 0 1 1 5 】

以上説明したように、本実施例によれば、S C R 触媒 6 において N O を浄化することができないが N O₂ とアンモニアとが反応して硝酸アンモニウムが生成される温度のときに、排気中の H C , C O の量を減少させることで、排気中の N O の量を減少させ且つ N O₂

10

20

30

40

50

の量を増加させることができる。そして、ＳＣＲ触媒６において NO_2 とアンモニアとを反応させて硝酸アンモニウムを生成することにより、ＳＣＲ触媒６から NO_x が流出することを抑制できる。すなわち、大気中に放出される NO_x 量を低減することができる。

【０１１６】

さらに、本実施例によれば、ＳＣＲ触媒６の活性後の NO_x 浄化率が許容範囲内となるように硝酸アンモニウムの生成を制限するため、全体としての大気中への NO_x の排出量を低減することができる。

【０１１７】

（実施例２）

実施例１においては、酸化触媒３及びＳＣＲ触媒６に流入する HC 、 CO 量を減少させることにより、 NO の酸化を促進している。一方、本実施例においては、排気中の酸素濃度を上昇させることにより、 NO の酸化を促進する。なお、本実施例は、前記実施例と同時に実施することができる。

【０１１８】

図１５は、本実施例に係る内燃機関の概略構成を示す図である。図１と同じ装置については同じ符号を付して説明を省略する。

【０１１９】

本実施例では、酸化触媒３よりも上流の排気通路２に二次空気を供給する二次空気供給装置４０が備わる。二次空気供給装置４０は、排気通路２に接続される二次空気供給通路４１と、二次空気供給通路４１に接続され空気を吐出するポンプ４２とを備える。ポンプ４２は、ＥＣＵ１０により制御される。

【０１２０】

ここで、排気中の酸素濃度を上昇させることにより、酸化触媒３及びＳＣＲ触媒６に流入する NO の酸化を促進させることができる。これにより、ＳＣＲ触媒６における硝酸アンモニウム生成量が増加するので、 NO_x が大気中に放出されることを抑制できる。一方、ＳＣＲ触媒６が吸着しているアンモニア量から推定される NO_x 浄化率が閾値未満の場合には、 NO_2 の量を少なくすることにより硝酸アンモニウムの生成を抑制することができる。すなわち、酸化機能を有する触媒に流入する酸素の量を少なくすることにより、 NO の酸化が抑制されるため、 NO_2 の量を少なくすることができる。これにより、 NO_x 浄化率の低下を抑制することができる。

【０１２１】

また、例えば、ＥＧＲ装置３０を備えている場合には、ＥＧＲガス量を低減することにより、排気中の酸素濃度を上昇させることができ、ＥＧＲガス量を増加することにより、排気中の酸素濃度を下降させることができる。ＥＧＲガス量を低減するときには、ＥＧＲガスの供給を停止してもよい。さらに、スロットル９の開度を大きくしてもよい。すなわち、内燃機関１から排出される酸素量を増加させるか、又は、排気中に酸素を供給することにより、排気中の酸素濃度を上昇させることができる。なお、本実施例においてはＥＧＲ装置３０または二次空気供給装置４０が、本発明における酸素供給装置に相当する。

【０１２２】

ＥＧＲガス量または二次空気量、スロットル９の開度は、実験又はシミュレーション等により最適値を求めてもよい。また、酸化触媒３の温度またはＳＣＲ触媒６の温度に応じてＥＧＲガス量または二次空気量、スロットル９の開度を調整してもよい。

【０１２３】

なお、酸化触媒３またはＳＣＲ触媒６の温度を上昇させる加熱装置を備えていてもよい。ここで、酸化触媒３またはＳＣＲ触媒６の温度を加熱装置により上昇させることができるれば、 NO を酸化可能な温度に速やかに上昇させることができる。これにより、硝酸アンモニウムを早期に生成させることができる。加熱装置は、ＥＣＵ１０により制御される。

【０１２４】

図１６は、本実施例に係る内燃機関の概略構成を示す他の図である。加熱装置として酸化触媒３を加熱する電気ヒータ６０を備えている。電気ヒータ６０は、ＥＣＵ１０により

10

20

30

40

50

制御される。電気ヒータ 60 は、酸化触媒 3 の担体に通電することで、該担体の電気抵抗により発熱するものであってもよい。また、電気ヒータ 60 を SCR 触媒 6 に備えていてもよい。

【0125】

このように、電気ヒータ 60 により、酸化触媒 3 または SCR 触媒 6 の温度を上昇させることができる。なお、電気ヒータ 60 に代えて、燃焼式ヒータを用いてもよい。また、ターボチャージャ、及び、該ターボチャージャのタービンをバイパスする通路を備えている場合には、該タービンをバイパスする通路に排気を流通させることで、該タービンにおける排気の温度低下を抑制できる。すなわち、酸化触媒 3 または SCR 触媒 6 の温度を上昇させてもよいし、排気の温度低下を抑制してもよい。

10

【0126】

酸化触媒 3 または SCR 触媒 6 の加熱は、前記 A, B, C の何れかの温度に達するまで実施してもよい。なお、本実施例においては電気ヒータ、燃焼式ヒータ、タービンをバイパスするバイパス通路が、本発明における熱供給装置に相当する。

【0127】

また、酸化触媒 3 及び SCR 触媒 6 を通過する排気の流量を低減することで、触媒における反応時間を確保してもよい。例えば、吸入空気量を低減したり、過給圧を低減したりしてもよい。また、EGR ガス量を増加させてもよい。

【符号の説明】

【0128】

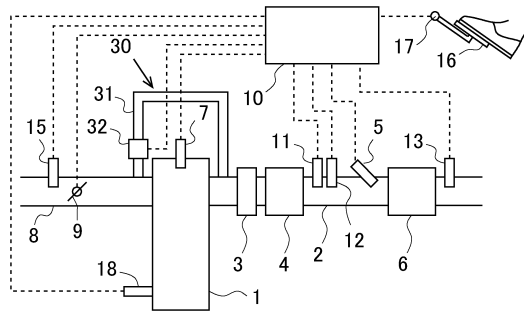
20

- 1 内燃機関
- 2 排気通路
- 3 酸化触媒
- 4 フィルタ
- 5 還元剤噴射弁
- 6 選択還元型 NOx 触媒 (SCR 触媒)
- 7 燃料噴射弁
- 8 吸気通路
- 9 スロットル
- 10 ECU
- 11 温度センサ
- 12 上流側 NOx センサ
- 13 下流側 NOx センサ
- 15 エアフローメータ
- 16 アクセルペダル
- 17 アクセル開度センサ
- 18 クランクポジションセンサ
- 30 EGR 装置
- 31 EGR 通路
- 32 EGR 弁

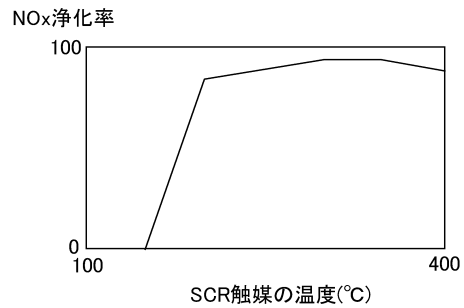
30

40

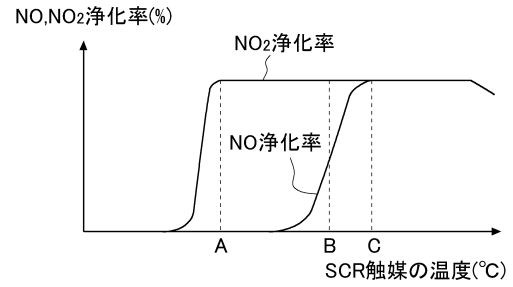
【図 1】



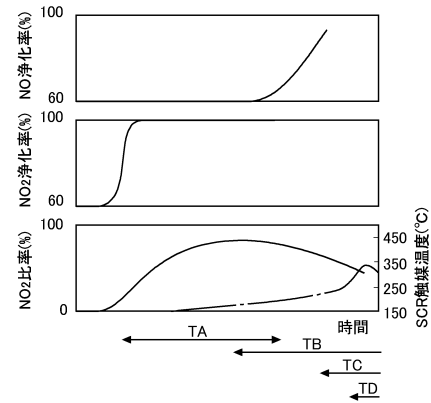
【図 2】



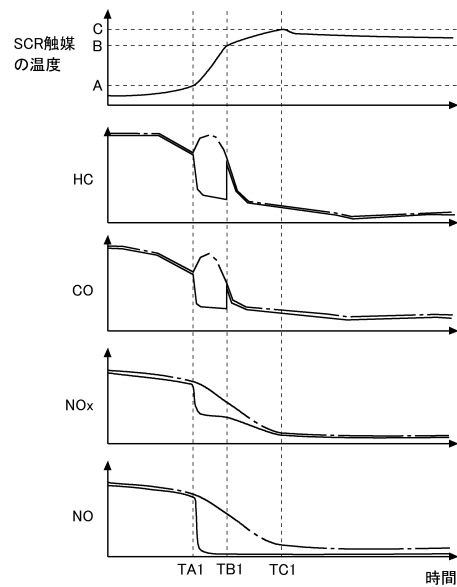
【図 3】



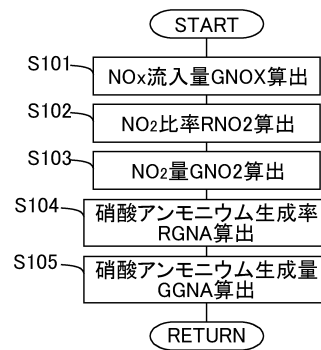
【図 4】



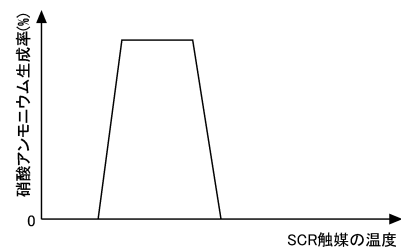
【図 5】



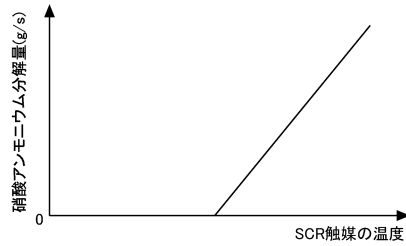
【図 6】



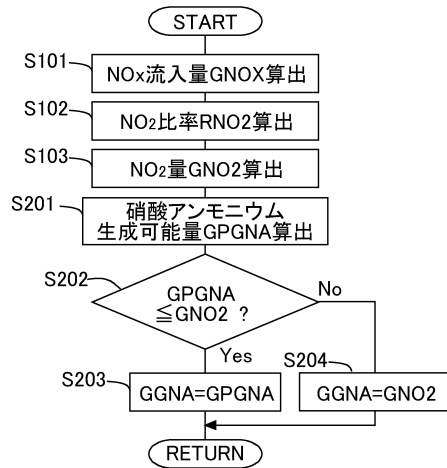
【図 7】



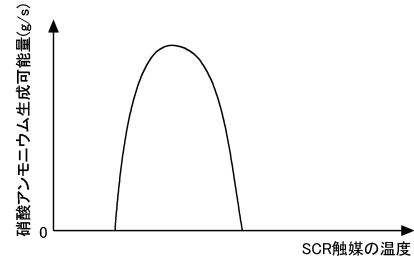
【図 8】



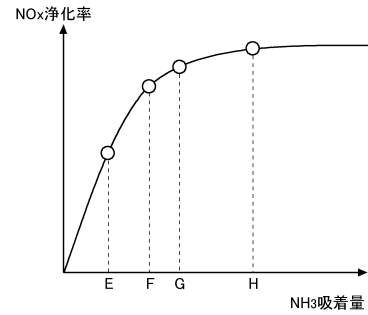
【図 9】



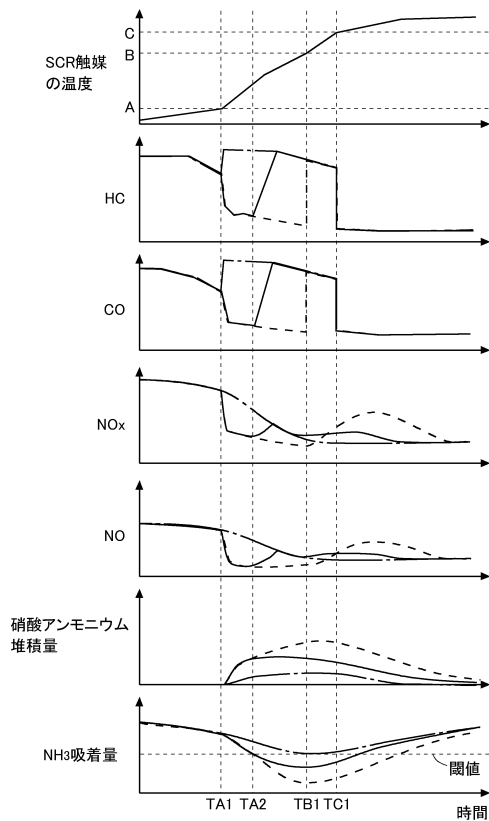
【図 10】



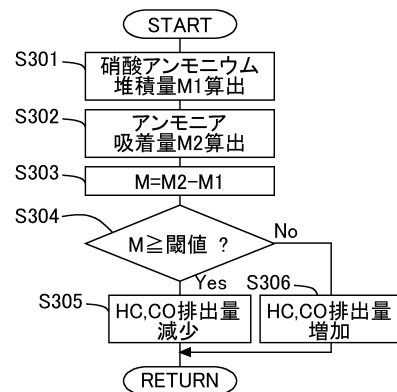
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 0 1 D 53/94 2 2 2
B 0 1 D 53/94 4 0 0

(72)発明者 川口 文悟
日本国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 白澤 健
日本国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 小田 富久
日本国愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 今関 雅子

(56)参考文献 特開2006-320854(JP,A)
特開2004-346794(JP,A)
特開2011-102573(JP,A)
特開2011-226402(JP,A)
特開2005-256727(JP,A)

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