(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4285105号
(P4285105)

(45)発行日　平成21年6月24日(2009.6.24)　(24)登録日　平成21年4月3日(2009.4.3)

(51)Int.Cl.		F I		
F02D 41/04	(2006.01)	F02D	41/04	355
B01D 53/94	(2006.01)	F02D	41/04	380D
B01D 53/86	(2006.01)	F02D	41/04	380E
F01N 3/08	(2006.01)	F02D	41/04	385D
F01N 3/20	(2006.01)	B01D	53/36	103B

請求項の数 8　(全 20 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2003-181267(P2003-181267)
(22)出願日　平成15年6月25日(2003.6.25)
(65)公開番号　特開2005-16387(P2005-16387A)
(43)公開日　平成17年1月20日(2005.1.20)
審査請求日　平成18年6月14日(2006.6.14)

(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100077517
弁理士　石田　敬
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋　真二
(74)代理人　100082898
弁理士　西山　雅也
(72)発明者　吉▲崎▼　康二
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】内燃機関の排気浄化方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

排気ガス通路に配置される少なくとも硫黄分を吸蔵する第１排気浄化手段と、

上記排気ガス通路において上記第１排気浄化手段よりも下流に配置される少なくとも酸化触媒を含む第２排気浄化手段と、

上記第１排気浄化手段よりも下流であり且つ上記第２排気浄化手段よりも上流において上記排気ガス通路に空気を供給する空気供給手段と、を具備する排気浄化装置を用いた内燃機関の排気浄化方法において、

上記第１排気浄化手段から硫黄分を放出させるべき時には、上記第１排気浄化手段から硫黄分を放出させる硫黄被毒再生制御が実施され、該硫黄被毒再生制御においては、上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応を抑制するために上記第２排気浄化手段の温度が予め定めた第１所定温度以上になるように制御される、内燃機関の排気浄化方法であって、

上記硫黄被毒再生制御は、

上記第１排気浄化手段を硫黄分放出温度以上に昇温する第１工程と、

上記第１排気浄化手段を上記硫黄分放出温度以上に維持しつつ上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比に対し僅かにリッチにすると共に、上記空気供給手段によって空気を供給して上記第２排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比をほぼ理論空燃比または理論空燃比に対し僅かにリーンにし上記第２排気浄化手段を上記第１所定温度以上に昇温する第２工程と、

上記第１排気浄化手段を上記硫黄分放出温度以上に維持しつつ上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を上記第２工程の時よりもリッチにすると共に、上記空気供給手段によって空気を供給して上記第２排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比に対しリーンにし上記第２排気浄化手段を上記第１所定温度以上に維持する第３工程と、

を含む内燃機関の排気浄化方法。

【請求項２】

上記第１所定温度は６００℃以上の温度である、請求項１に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項３】

上記第１工程において、上記第２排気浄化手段が上記第１所定温度よりも低い予め定めた第２所定温度まで昇温せしめられる、請求項１または２に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項４】

上記硫黄被毒再生制御を実施する際に内燃機関の運転状態が高負荷の場合には、上記第１工程では、吸気上死点付近または吸気行程中に燃焼室内へ補助燃料を噴射することによって、もしくは、吸気上死点付近または吸気行程中に上記燃焼室内へ補助燃料を噴射し且つ主燃料の噴射時期を圧縮上死点よりも遅らせることによって、上記第１排気浄化手段が昇温される、請求項１から３の何れか一項に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項５】

更に、上記第１工程において、膨張行程または排気行程中にも燃焼室内へ補助燃料が噴射される、請求項４に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項６】

膨張行程または排気行程中に燃焼室内へ噴射される上記補助燃料の量は、機関回転数と、単位時間当たりの発生排気ガス量または吸入空気量とのうちの少なくとも一方に応じて補正される、請求項５に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項７】

上記内燃機関は、燃焼室内の不活性ガス量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室内の不活性ガス量を更に増大していくと煤がほとんど発生しなくなる機関であって、

上記硫黄被毒再生制御を実施する際に内燃機関の運転状態が低負荷の場合には、上記第１工程では、燃焼室の不活性ガス量が煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも多くされると共に、上記空気供給手段によって上記排気ガス通路に空気が供給される、請求項１から６の何れか一項に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【請求項８】

上記第２工程と第３工程の少なくとも一方において、上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比のリッチの度合が、内燃機関の運転状態が低負荷の場合に高く、高負荷の場合に低くされる、請求項１から７の何れか一項に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の排気浄化方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

一般に、自動車等に搭載される筒内噴射型の内燃機関、例えばディーゼル機関では、排気ガス中に含まれる窒素酸化物（ＮＯｘ）を除去することが要求されている。そしてこのような要求に対し、ＮＯｘ吸蔵剤を内燃機関の排気ガス通路に配置して排気ガスを浄化する方法が提案されている。

【０００３】

このような方法で用いられるＮＯｘ吸蔵剤は、排気ガスの空燃比がリーンの時にはＮＯｘ

を吸蔵し、排気ガス中の空燃比が小さくなり、且つ排気ガス中にＨＣやＣＯ等の還元剤が存在していれば吸蔵したＮＯｘを離脱させ還元浄化する作用（ＮＯｘの吸蔵離脱及び還元浄化作用）を有する。そしてこの作用を利用して、排気ガスの空燃比がリーンの時に排気ガス中のＮＯｘをＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵させ、一定期間使用してＮＯｘ吸蔵剤の吸蔵効率が低下した時または低下する前にＮＯｘ吸蔵剤の上流側において還元剤（燃料）を添加する等して、ＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵したＮＯｘの還元浄化を行うようにしている。

【０００４】

なお、本明細書において「吸蔵」という語は「吸収」及び「吸着」の両方の意味を含むものとして用いる。したがって、「ＮＯｘ吸蔵剤」は、「ＮＯｘ吸収剤」と「ＮＯｘ吸着剤」の両方を含み、前者はＮＯｘを硝酸塩等の形で蓄積し、後者はNO_2等の形で吸着する。また、ＮＯｘ吸蔵剤からの「離脱」という語についても、「吸収」に対応する「放出」の他、「吸着」に対応する「脱離」の意味も含むものとして用いる。

【０００５】

ところで、内燃機関の燃料には硫黄（Ｓ）成分が含まれている場合があり、この場合には排気ガス中に硫黄酸化物（ＳＯｘ）が含まれることとなる。排気ガス中にＳＯｘが存在するとＮＯｘ吸蔵剤はＮＯｘの吸蔵作用を行うのと全く同じメカニズムで排気ガス中のＳＯｘの吸蔵を行う。

【０００６】

ところが、ＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵されたＳＯｘは比較的安定であり、一般にＮＯｘ吸蔵剤に蓄積されやすい傾向がある。ＮＯｘ吸蔵剤のＳＯｘ蓄積量が増大すると、ＮＯｘ吸蔵剤のＮＯｘ吸蔵容量が減少して排気ガス中のＮＯｘの除去を十分に行うことができなくなるため、ＮＯｘの浄化効率が低下するいわゆる硫黄被毒（Ｓ被毒）の問題が生じる。特に、燃料として比較的硫黄成分を多く含む軽油を使用するディーゼルエンジンにおいてはこの硫黄被毒の問題が生じやすい。

【０００７】

一方、ＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵されたＳＯｘについても、ＮＯｘと同じメカニズムで離脱させることが可能であることが知られている。しかし、ＳＯｘは比較的安定した形でＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵されるため、通常のＮＯｘの還元浄化制御が行われる温度（例えば２５０℃程度以上）ではＮＯｘ吸蔵剤に吸蔵されたＳＯｘを放出等させることは困難である。このため、硫黄被毒を解消するためには、ＮＯｘ吸蔵剤を通常のＮＯｘ還元浄化制御時より高い温度、すなわち硫黄分放出温度（例えば６００℃以上）に昇温し、且つ流入する排気ガスの空燃比をほぼ理論空燃比またはリッチにする硫黄被毒再生制御を定期的に行う必要がある。

【０００８】

ところで、このような硫黄被毒再生制御を実施する場合、排気ガスのリッチ化の度合が大きいと、ＮＯｘ吸蔵剤中の硫黄分が硫化水素（H_2S）の形で放出され易いことがわかっている。そしてH_2Sは異臭を放つ特性を有するため、その大気への排出は抑える必要がある。このため、通常、上記のような硫黄被毒再生制御は、排気ガスのリッチ化の度合を小さくして（すなわち、ほぼ理論空燃比として）行われる（例えば、特許文献１参照。）。

【０００９】

ところが、このように排気ガスのリッチ化の度合を小さくして上記再生制御を実施すると、H_2Sの生成を抑制することはできるのであるが、硫黄分の放出速度が遅くなり、上記再生制御完了までの時間が長くなって燃費が悪化してしまうという問題がある。

一方、このような問題を避けるため、硫黄分放出の際のH_2Sの生成を抑制するのではなく、生成されたH_2Sを酸化処理することでH_2Sの大気への排出を抑制する方法も提案されている。すなわち、例えばＮＯｘ吸蔵剤の下流に酸化触媒とその酸化触媒に空気を供給する空気供給手段とを設け、ＮＯｘ吸蔵剤から放出されたH_2Sを上記酸化触媒でSO_2に酸化するようにしてH_2Sの大気への排出を抑制する（例えば、特許文献２参照。）。

【００１０】

しかしながら、この方法によると、ＮＯｘ吸蔵剤から元々SO_2の形で放出されたものが上記酸化触媒で更に酸化されてSO_3となってしまう場合があり、その結果、大気中に白煙が生じてしまう場合がある。

【００１１】

【特許文献１】

特開平１１－１０７８０９号公報

【特許文献２】

特開２０００－１１０５５２号公報

【特許文献３】

特開２０００－１６１１０７号公報

【特許文献４】

特開２０００－２７４２３２号公報

【特許文献５】

特開２００１－３０４０１１号公報

【特許文献６】

特開２００１－３０４０２０号公報

【特許文献７】

特許第３２２５９５７号公報

【００１２】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたもので、その目的は、硫黄被毒再生時において、H_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することができる内燃機関の排気浄化方法を提供することである。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するための手段として、特許請求の範囲の各請求項に記載された内燃機関の排気浄化方法を提供する。

請求項１に記載の発明は、排気ガス通路に配置される少なくとも硫黄分を吸蔵する第１排気浄化手段と、上記排気ガス通路において上記第１排気浄化手段よりも下流に配置される少なくとも酸化触媒を含む第２排気浄化手段と、上記第１排気浄化手段よりも下流であり且つ上記第２排気浄化手段よりも上流において上記排気ガス通路に空気を供給する空気供給手段と、を具備する排気浄化装置を用いた内燃機関の排気浄化方法において、上記第１排気浄化手段から硫黄分を放出させるべき時には、上記第１排気浄化手段から硫黄分を放出させる硫黄被毒再生制御が実施され、該硫黄被毒再生制御においては、上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応を抑制するために上記第２排気浄化手段の温度が予め定めた第１所定温度以上になるように制御される、内燃機関の排気浄化方法であって、上記硫黄被毒再生制御は、上記第１排気浄化手段を硫黄分放出温度以上に昇温する第１工程と、上記第１排気浄化手段を上記硫黄分放出温度以上に維持しつつ上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比に対し僅かにリッチにすると共に、上記空気供給手段によって空気を供給して上記第２排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比をほぼ理論空燃比または理論空燃比に対し僅かにリーンにし上記第２排気浄化手段を上記第１所定温度以上に昇温する第２工程と、上記第１排気浄化手段を上記硫黄分放出温度以上に維持しつつ上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を上記第２工程の時よりもリッチにすると共に、上記空気供給手段によって空気を供給して上記第２排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比に対しリーンにし上記第２排気浄化手段を上記第１所定温度以上に維持する第３工程と、を含む内燃機関の排気浄化方法を提供する。

【００１４】

上記のように硫黄分を吸蔵する第１排気浄化手段の下流に、酸化触媒を含む第２排気浄化手段とそれに空気を供給する空気供給手段とが設けられている場合、上記硫黄被毒再生制

御において上記第１排気浄化手段から放出されたH_2Sを上記第２排気浄化手段によってSO_2に酸化することが可能である。しかしながらその一方で、従来は上述の酸化が行われるのと並行して上記第１排気浄化手段から放出されたSO_2の多くが上記第２排気浄化手段によってSO_3に酸化されてしまうという問題があった。そして上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応は、上記第２排気浄化手段の温度が低い程多くなる傾向がある。

【００１５】

これに対し、請求項１に記載の発明では、上記硫黄被毒再生制御において、上記第２排気浄化手段の温度が上記第１所定温度以上になるように制御され、上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応が抑制される。これにより、硫黄被毒再生時において、H_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することが可能となる。

【００１６】

なお、ここで上記の第２排気浄化手段の温度が上記第１所定温度以上になるようにする制御には、第２排気浄化手段の温度を上記第１所定温度以上に昇温する制御の他、第２排気浄化手段の温度を上記第１所定温度以上に維持する制御も含まれる。

また、請求項１に記載の発明によれば、上記第３工程において上記第１排気浄化手段を上記硫黄分放出温度以上に維持しつつ上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比が上記第２工程の時よりもリッチにされるので、上記第１排気浄化手段から迅速に硫黄分を放出することができる。この際、硫黄分の多くがH_2Sの形で放出されることになるが、上記第３工程においては、上記空気供給手段によって空気を供給して上記第２排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比に対しリーンにされると共に上記第２排気浄化手段が上記第１所定温度以上に維持されるので、上記第２排気浄化手段によってH_2Sが効率良くSO_2に酸化される。このように、本発明によれば、硫黄被毒再生時におけるH_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することができるのに加え、硫黄被毒再生をより短時間で完了することができる。

【００１７】

請求項２に記載の発明では請求項１に記載の発明において、上記第１所定温度は６００℃以上の温度である。

請求項２に記載の発明では、上記硫黄被毒再生制御において、上記第２排気浄化手段の温度が６００℃以上の温度である上記第１所定温度以上になるように制御される。上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応は、上記第２排気浄化手段の温度が６００℃以上になると少ないので、本発明のようにすることによって、上記第２排気浄化手段におけるSO_2からSO_3への酸化反応を抑制することができる。その結果、硫黄被毒再生時において、H_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することができる。

【００２０】

請求項３に記載の発明は、上記第１工程において、上記第２排気浄化手段が上記第１所定温度よりも低い予め定めた第２所定温度まで昇温せしめられる、請求項１または２に記載の内燃機関の排気浄化方法を提供する。

請求項３に記載の発明によれば、例えば上記第２所定温度を上記酸化触媒の活性化温度とすることによって、上記第２工程において、上記第１排気浄化手段から放出されたH_2Sを上記第２排気浄化手段において確実に酸化することが可能になる。

【００２１】

請求項４に記載の発明では請求項１から３の何れか一項に記載の発明において、上記硫黄被毒再生制御を実施する際に内燃機関の運転状態が高負荷の場合には、上記第１工程では、吸気上死点付近または吸気行程中に燃焼室内へ補助燃料を噴射することによって、もしくは、吸気上死点付近または吸気行程中に上記燃焼室内へ補助燃料を噴射し且つ主燃料の噴射時期を圧縮上死点よりも遅らせることによって、上記第１排気浄化手段が昇温される。

請求項４に記載の発明によれば、上記第１工程において、比較的簡単な燃料噴射制御によって、内燃機関の良好な燃焼を確保しつつ上記第１排気浄化手段を昇温することができ

る。

【００２２】

請求項５に記載の発明では請求項４に記載の発明において、更に、上記第１工程において膨張行程または排気行程中にも燃焼室内へ補助燃料が噴射される。

請求項５に記載の発明によれば、上記第１工程においてより迅速に上記第１排気浄化手段を昇温することができる。

【００２３】

請求項６に記載の発明では請求項５に記載の発明において、膨張行程または排気行程中に燃焼室内へ噴射される上記補助燃料の量は、機関回転数と、単位時間当たりの発生排気ガス量または吸入空気量とのうちの少なくとも一方に応じて補正される。

【００２４】

上記第１排気浄化手段や第２排気浄化手段を昇温する場合、同じ昇温幅に対して必要となる上記補助燃料の量は、機関回転数Ｎが高い程少なくなり、発生排気ガス量または吸入空気量が多い程多くなる。したがって、請求項６に記載の発明のように、上記補助燃料の量を機関回転数や単位時間当たりの発生排気ガス量または吸入空気量に応じて補正することによって、上記第１排気浄化手段や第２排気浄化手段の温度を適切に制御することが可能となる。

【００２５】

請求項７に記載の発明では請求項１から６の何れか一項に記載の発明において、上記内燃機関は、燃焼室内の不活性ガス量を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、燃焼室内の不活性ガス量を更に増大していくと煤がほとんど発生しなくなる機関であって、上記硫黄被毒再生制御を実施する際に内燃機関の運転状態が低負荷の場合には、上記第１工程では、燃焼室の不活性ガス量が煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも多くされると共に、上記空気供給手段によって上記排気ガス通路に空気が供給される。

【００２６】

上記のような内燃機関において、燃焼室の不活性ガス量を煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも多くすると、いわゆる低温燃焼が行われ、排気ガス温度が上昇する。また、排気ガス中に還元剤（ＨＣ、ＣＯ等）が多く含まれるようになり、その反応によって上記第１及び第２排気浄化手段を昇温することができる。したがって、請求項７に記載の発明によれば、上記第１工程において比較的簡単な方法によって確実に上記第１及び第２排気浄化手段を昇温することができる。特に、請求項７に記載の発明では、上記空気供給手段によって上記排気ガス通路に空気が供給され上記第２排気浄化手段における反応が高められるので、上記第２排気浄化手段の迅速な昇温を図ることができる。

【００２７】

請求項８に記載の発明は、上記第２工程と第３工程の少なくとも一方において、上記第１排気浄化手段に流入する排気ガスの空燃比のリッチの度合が、内燃機関の運転状態が低負荷の場合に高く、高負荷の場合に低くされる、請求項１から７の何れか一項に記載の内燃機関の排気浄化方法を提供する。

【００２８】

上記第２排気浄化手段の温度は、内燃機関の運転状態が高負荷の場合程高くなる傾向がある。本発明では、上記第２排気浄化手段の温度が上がり難い低負荷の場合に、リッチの度合が高くされるので上記第２排気浄化手段での反応が高められ、上記第２排気浄化手段の温度を迅速に上昇させる、またはその温度を良好に維持することが可能となる。更に、本発明によれば、上記第２排気浄化手段の温度が上がり易い高負荷の場合に、リッチの度合が低くされるので上記第２排気浄化手段での反応が抑えられ、上記第２排気浄化手段が過熱して熱劣化するのを抑制することができる。

【００２９】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、図面において

、同一又は類似の構成要素には共通の参照番号を付す。また、本発明は、少なくとも硫黄分を吸蔵する排気浄化手段であればＮＯｘ吸蔵剤であるＮＯｘ吸収剤とＮＯｘ吸着剤のどちらを用いても実施可能であるが、以下ではＮＯｘ吸収剤を用いた場合について説明する。

【００３０】

図１は本発明を筒内噴射型の圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示している。なお、本発明は火花点火式内燃機関に適用することもできる。

図１を参照すると、１は機関本体、２はシリンダブロック、３はシリンダヘッド、４はピストン、５は燃焼室、６は電気制御式燃料噴射弁、７は吸気弁、８は吸気ポート、９は排気弁、１０は排気ポートをそれぞれ示す。吸気ポート８は対応する吸気枝管１１を介してサージタンク１２に連結され、サージタンク１２は吸気ダクト１３を介して排気ターボチャージャ１４のコンプレッサ１５に連結される。

【００３１】

吸気ダクト１３内にはステップモータ１６により駆動されるスロットル弁１７が配置され、更に吸気ダクト１３周りには吸気ダクト１３内を流れる吸入空気を冷却するための吸気冷却装置（インタークーラ）１８が配置される。図１に示される実施形態では走行風によって吸気冷却装置１８内の吸入空気が冷却される。なお、上記空冷式吸気冷却装置に代えて、機関冷却水によって冷却装置内の吸入空気を冷却する水冷式吸気冷却装置としてもよい。

【００３２】

一方、排気ポート１０は排気マニホルド１９及び排気管２０を介して排気ターボチャージャ１４の排気タービン２１に連結される。排気タービン２１の出口側の排気ガス通路にはパティキュレートフィルタ２２が配置されている。パティキュレートフィルタ２２には後述するようにＮＯｘ吸収剤４６が担持され、第１排気浄化手段を構成する。また、パティキュレートフィルタ２２にはパティキュレートフィルタ２２の温度（すなわち、ＮＯｘ吸収剤４６の温度）を検出するための温度センサ４６ａが設けられている。

【００３３】

パティキュレートフィルタ２２の下流側には排気ガス中の被酸化物を酸化して浄化するための酸化触媒５６が配置されており、第２排気浄化手段を構成する。この酸化触媒５６にもその温度を検出するための温度センサ５６ａが設けられている。更に、上記パティキュレートフィルタ２２と上記酸化触媒５６との間には空気供給装置４３が設けられている。この空気供給装置４３は、後述する電子制御ユニット（ＥＣＵ）３０からの指令に応じて上記パティキュレートフィルタ２２よりも下流であり且つ上記酸化触媒５６よりも上流において排気ガス通路に空気を供給する。

【００３４】

排気マニホルド１９とサージタンク１２とは排気ガス再循環（以下、ＥＧＲと称す）通路２４を介して互いに連結され、ＥＧＲ通路２４には電気制御式ＥＧＲ制御弁２５が配置される。また、ＥＧＲ通路２４にはＥＧＲ通路２４内を流れるＥＧＲガスを冷却するためのＥＧＲ冷却装置（ＥＧＲクーラ）２６が配置される。更にＥＧＲ通路２４のＥＧＲ冷却装置２６の上流には酸化触媒２３が設けられ、ＥＧＲガス中に含まれるＨＣ等をＥＧＲ冷却装置２６へ流入する前に一定程度処理し、ＥＧＲ冷却装置２６の詰りやＥＧＲ制御弁２５の固着等を防止するようにされている。

【００３５】

図１に示される実施形態では機関冷却水がＥＧＲ冷却装置２６内に導かれ、機関冷却水によってＥＧＲガスが冷却される。一方、各燃料噴射弁６は燃料供給管６ａを介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール２７に連結される。このコモンレール２７内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ２８から燃料が供給され、コモンレール２７内に供給された燃料は各燃料供給管６ａを介して燃料噴射弁６に供給される。コモンレール２７にはコモンレール２７内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ２９が取付けられ、燃料圧センサ２９の出力信号に基づいてコモンレール２７内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポ

ンプ２８の吐出量が制御される。

【００３６】

電子制御ユニット（ＥＣＵ）３０はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス３１によって互いに接続されたＲＯＭ（リードオンリメモリ）３２、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）３３、ＣＰＵ（マイクロプロセッサ）３４、入力ポート３５及び出力ポート３６を具備する。温度センサ４６ａ、５６ａや燃料圧センサ２９の出力信号は対応するＡＤ変換器３７を介して入力ポート３５に入力される。また、アクセルペダル４０にはアクセルペダル４０の踏込み量Ｌに比例した出力電圧を発生する負荷センサ４１が接続され、負荷センサ４１の出力電圧は対応するＡＤ変換器３７を介して入力ポート３５に入力される。更に入力ポート３５にはクランクシャフトが例えば３０°回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ４２が接続される。一方、出力ポート３６は対応する駆動回路３８を介して燃料噴射弁６、スロットル弁駆動用ステップモータ１６、ＥＧＲ制御弁２５、燃料ポンプ２８及び空気供給装置４３等に接続される。

【００３７】

図２（Ａ）は要求トルクＴＱと、アクセルペダル４０の踏込み量Ｌと、機関回転数Ｎとの関係を示している。なお、図２（Ａ）において各曲線は等トルク曲線を表しており、ＴＱ＝０で示される曲線はトルクが零であることを示しており、残りの曲線はＴＱ＝ａ、ＴＱ＝ｂ、ＴＱ＝ｃ、ＴＱ＝ｄの順に次第に要求トルクが高くなる。図２（Ａ）に示される要求トルクＴＱは図２（Ｂ）に示されるようにアクセルペダル４０の踏込み量Ｌと機関回転数Ｎの関数としてマップの形で予めＲＯＭ３２内に記憶されている。本発明による実施形態では図２（Ｂ）に示すマップからアクセルペダル４０の踏込み量Ｌ及び機関回転数Ｎに応じた要求トルクＴＱがまず初めに算出され、この要求トルクＴＱに基づいて燃料噴射量等が算出される。

【００３８】

ＥＣＵ３０は、このように内燃機関の各構成要素と信号をやり取りして燃料噴射量制御等の機関の基本制御を行う他、後述するようなＮＯｘ吸収剤４６を硫黄被毒再生するための制御（硫黄被毒再生制御）についての制御も行う。

【００３９】

図３にパティキュレートフィルタ（以下、単に「フィルタ」と言う）２２の拡大断面図を示す。図３を参照すると、フィルタ２２は多孔質セラミックから成り、この図において排気ガスは矢印で示されるように図中左から右に向かって流れる。フィルタ２２内には、上流側に栓４８が施された第１通路５０と下流側に栓５２が施された第２通路５４とが交互に配置されハニカム状をなしている。排気ガスが図中左から右に向かって流れると、排気ガスは第２通路５４から多孔質セラミックの隔壁を通過して第１通路５０に流入し、下流側に流れる。この時、排気ガス中の排気微粒子は多孔質セラミックによって捕集されて排気ガス中から除去され、排気微粒子の大気への放出が防止される。

【００４０】

第１通路５０及び第２通路５４の隔壁の表面及び内部の細孔内にはＮＯｘ吸収剤４６が担持されている。ＮＯｘ吸収剤４６は、例えばカリウムＫ、ナトリウムＮａ、リチウムＬｉ、セシウムＣｓのようなアルカリ金属、バリウムＢａ、カルシウムＣａのようなアルカリ土類、ランタンＬａ、イットリウムＹのような希土類から選ばれた少なくとも一つと、白金Ｐｔのような貴金属とから成る。ＮＯｘ吸収剤４６は流通する排気ガス（以下「吸収剤流通排気ガス」という）の空燃比がリーンの時にはＮＯｘを吸収し、吸収剤流通排気ガスの空燃比が小さくなり、且つ還元剤が存在していれば吸収したＮＯｘを放出して還元浄化する作用（ＮＯｘの吸収放出及び還元浄化作用）を有する。

【００４１】

図１に示されるような圧縮着火式内燃機関では、通常時の排気ガス空燃比はリーンでありＮＯｘ吸収剤４６は排気ガス中のＮＯｘの吸収を行う。また、燃料噴射制御等により吸収剤流通排気ガスの空燃比が小さくされ且つ還元剤の存在する状態にされるとＮＯｘ吸収剤４６は吸収したＮＯｘを放出すると共に放出したＮＯｘを還元浄化する。

【００４２】
この吸収放出及び還元浄化作用の詳細なメカニズムについては明らかでない部分もあるが、この吸収放出及び還元浄化作用は図４に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについて白金Ｐｔ及びバリウムＢａを担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。
【００４３】
すなわち、吸収剤流通排気ガスの空燃比がかなりリーンになると吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が大幅に増大し、図４（Ａ）に示されるようにこれら酸素O_2がO_2^-またはO^{2-}の形で白金Ｐｔの表面に付着する。一方、吸収剤流通排気ガス中のＮＯは白金Ｐｔの表面上でO_2^-またはO^{2-}と反応し、NO_2となる（$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$）。次いで生成された$NO_2$の一部は白金Ｐｔ上で更に酸化されつつＮＯｘ吸収剤４６内に吸収されて酸化バリウムＢａＯと結合しながら、図４（Ａ）に示されるように硝酸イオンNO_3^-の形でＮＯｘ吸収剤４６内に拡散する。このようにしてＮＯｘがＮＯｘ吸収剤４６内に吸収される。
【００４４】
吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が高い限り白金Ｐｔの表面でNO_2が生成され、ＮＯｘ吸収剤４６のＮＯｘ吸収能力が飽和しない限りNO_2がＮＯｘ吸収剤４６内に吸収されて硝酸イオンNO_3^-が生成される。これに対して吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が低下してNO_2の生成量が低下すると反応が逆方向（$NO_3^- \rightarrow NO_2$）に進み、斯くしてＮＯｘ吸収剤４６内の硝酸イオンNO_3^-がNO_2の形でＮＯｘ吸収剤から放出される。すなわち、吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が低下するとＮＯｘ吸収剤４６からＮＯｘが放出されることになる。吸収剤流通排気ガスのリーンの度合が低くなれば吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が低下し、したがって吸収剤流通排気ガスのリーンの度合を低くすればＮＯｘ吸収剤４６からＮＯｘが放出されることになる。
【００４５】
一方、この時吸収剤流通排気ガスの空燃比を小さくすると、ＨＣ、ＣＯは白金Ｐｔ上の酸素O_2^-またはO^{2-}と反応して酸化せしめられる。また、吸収剤流通排気ガスの空燃比を小さくすると吸収剤流通排気ガス中の酸素濃度が極度に低下するためにＮＯｘ吸収剤４６からNO_2が放出され、このNO_2は図４（Ｂ）に示されるように未燃ＨＣ、ＣＯと反応して還元浄化せしめられる。このようにして白金Ｐｔの表面上にNO_2が存在しなくなるとＮＯｘ吸収剤４６から次から次へとNO_2が放出される。したがって吸収剤流通排気ガスの空燃比を小さくし、且つ還元剤が存在する状態にすると短時間のうちにＮＯｘ吸収剤４６からＮＯｘが放出されて還元浄化されることになる。
なお、本明細書でいう排気ガスの空燃比とは、そこよりも上流側の排気ガス通路と燃焼室５または吸気通路に供給された空気と燃料との比率をいうものとする。
【００４６】
次にＮＯｘ吸収剤４６の硫黄被毒のメカニズムについて説明する。排気ガス中にＳＯｘ成分が含まれていると、ＮＯｘ吸収剤４６は上述のＮＯｘの吸収と同じメカニズムで排気ガス中のＳＯｘを吸収する。すなわち、排気ガスの空燃比がリーンの時、排気ガス中のＳＯｘ（例えばSO_2）は白金Ｐｔ上で酸化されてSO_3^-、SO_4^-となり、酸化バリウムＢａＯと結合して$BaSO_4$を形成する。$BaSO_4$は比較的安定であり、また、結晶が粗大化しやすいため一旦生成されると分解放出されにくい。このため、ＮＯｘ吸収剤４６中の$BaSO_4$の生成量が増大するとＮＯｘの吸収に関与できるＢａＯの量が減少してしまいＮＯｘの吸収能力が低下してしまう。
【００４７】
この硫黄被毒を解消するためには、ＮＯｘ吸収剤４６中に生成された$BaSO_4$を高温で分解するとともに、これにより生成されるSO_3^-、SO_4^-の硫酸イオンをスライトリーンを含むほぼ理論空燃比またはリッチ雰囲気（以下、単に「リッチ雰囲気」という）下で還元し、気体状のSO_2に転換してＮＯｘ吸収剤４６から放出させる必要がある。したがって硫黄被毒再生を行うためには、ＮＯｘ吸収剤４６を高温且つリッチ雰囲気の状態にする

ことが必要とされる。

【００４８】

一方、このような硫黄被毒再生を実施した場合に生ずる問題として、硫黄分がH_2SやSO_3の形で大気へ排出されてしまう問題がある。すなわち、H_2Sは異臭を放ち、SO_3は白煙発生の原因となるため、硫黄分はSO_2の形で排出することが望ましい。しかしながら、例えば、上記ＮＯｘ吸収剤４６からの硫黄分の放出の迅速化を図る等の目的で硫黄放出時の排気ガス空燃比のリッチの度合を高めた場合等には、硫黄分がH_2Sの形で放出され易いことがわかっている。

【００４９】

また、このようなH_2Sは、図１に示した構成のように、ＮＯｘ吸収剤４６の下流に酸化触媒５６とその酸化触媒５６に空気を供給する空気供給装置４３とを設ければ、これらを用いてSO_2に酸化することが可能である。ところが、この場合には、ＮＯｘ吸収剤４６から元々SO_2の形で放出されたものの多くが上記酸化触媒５６で更にSO_3に酸化されて大気に排出されてしまう可能性がある。

【００５０】

本実施形態は、上記のような硫黄被毒再生時におけるH_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制しようとするものであり、次に、その実現のために図１に示した構成によって実施される具体的な方法について説明する。図５はこの方法を実施するための制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンはＥＣＵ３０により一定時間毎の割込みによって実施される。

【００５１】

この制御ルーチンがスタートすると、まず、ステップ１０１でＮＯｘ吸収剤４６の硫黄（Ｓ）被毒再生制御（以下、「再生制御」と言う）の実施条件が成立したか否かが判定される。再生制御実施条件は、例えばＮＯｘ吸収剤４６に吸収されたＳＯｘ量、すなわち吸収ＳＯｘ量が一定量以上になること等であるが、この場合、吸収ＳＯｘ量を直接求めることは困難であるので、内燃機関から排出されるＳＯｘ量、すなわち例えば車両走行距離に基づいて吸収ＳＯｘ量を推定する。つまり、前回再生制御を実施した時点からの走行距離が予め定められた設定値よりも大きくなった時に再生制御実施条件が成立したと判定する。あるいは、同様の考え方により、車両走行距離の代わりに燃料消費量に基づいて判定するようにしてもよい。

【００５２】

ステップ１０１において再生制御実施条件が成立していないと判定された場合には本制御ルーチンは終了し、再生制御実施条件が成立していると判定された場合にはステップ１０３に進む。ステップ１０３においては再生制御の第１工程が実施される。

【００５３】

具体的には、ステップ１０３の第１工程においては、ＮＯｘ吸収剤４６の昇温が図られる。ＮＯｘ吸収剤４６を昇温する方法には種々の方法があり、例えば、以下で説明するように燃料噴射パターンを制御することによりＮＯｘ吸収剤４６を昇温することができる。

【００５４】

すなわち、図６は図１に示した内燃機関で実施し得る燃料噴射パターンの五つの例について示した概略図であるが、通常運転時には、主燃料Ｑｍが図６において（Ｉ）に示されるように圧縮上死点付近で噴射される。これに対し、ステップ１０３において再生制御の第１工程が開始され、ＮＯｘ吸収剤４６を昇温する必要が生じると、図６の（ＩＩ）に示されるような燃料噴射パターンとされる。つまり、吸気上死点付近において補助燃料Ｑｖを噴射させると共に主燃料Ｑｍの噴射時期を圧縮上死点以後まで遅角させる。

【００５５】

主燃料Ｑｍの噴射時期を遅角させると後燃え期間が長くなり、排気ガス温度を上昇させることができる。しかし、ただ単に噴射時期を遅角させると燃焼が不安定になり失火の恐れがある。上記の燃料噴射パターン（ＩＩ）においては、吸気上死点付近において補助燃料Ｑｖを噴射させることによって、失火の可能性を低減している。すなわち、吸気上死点付

近において補助燃料Ｑｖを噴射すると圧縮行程中に圧縮熱によってこの補助燃料Ｑｖからアルデヒド、ケトン、パーオキサイド、一酸化炭素等の中間生成物が生成され、これら中間生成物によって主燃料Ｑｍの反応が加速される。これにより、主燃料Ｑｍの噴射時期を大巾に遅らせても失火を生ずることなく良好な燃焼が得られる。そして、このように主燃料Ｑｍの噴射時期を大巾に遅らせることで排気ガス温度をすみやかに上昇させることができる。また、このように補助燃料Ｑｖを追加的に噴射すると補助燃料Ｑｖ分だけ燃焼せしめられる燃料が増えるために排気ガス温度が上昇する。排気ガス温度を上昇させれば、それによりＮＯｘ吸収剤４６の温度を上昇させることができる。なお、補助燃料Ｑｖの噴射時期は吸気行程中であってもよく、その場合にもほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【００５６】

あるいは、図６の（ＩＩＩ）に示されるような燃料噴射パターンとしてもよい。この場合、図６の（ＩＩ）に示される燃料噴射パターンと比較すると、主燃料Ｑｍの噴射時期を遅角させていないので排気ガス昇温効果ではやや劣ることになるが、燃焼の安定化と制御の単純化を図ることができる。

【００５７】

更に、より迅速にＮＯｘ吸収剤４６を昇温するために、図６の（ＩＶ）または（Ｖ）に示されるような燃料噴射パターンとしても良い。つまり、図６の（ＩＩ）または（ＩＩＩ）で示される燃料噴射パターンにおいて、更に膨張行程中に補助燃料Ｑｐを噴射させる。

【００５８】

この膨張行程中に噴射される補助燃料Ｑｐは、その大部分が燃焼することなく未燃ＨＣの形で排気ガス通路内に排出され、徐々に反応しながらＮＯｘ吸収剤４６まで到達する。そして、ＮＯｘ吸収剤４６において反応し、ＮＯｘ吸収剤４６を直接昇温するため、ＮＯｘ吸収剤４６をより迅速に昇温することが可能となる。なお、後続の補助燃料Ｑｐの噴射時期は排気行程中であってもよく、その場合にもほぼ同様の作用及び効果を得ることができる。

【００５９】

また、ＮＯｘ吸収剤４６を昇温する別の方法として、いわゆる低温燃焼を利用する方法がある。低温燃焼は、内燃機関の排気側から吸気側へ極めて大量の排気ガスを再循環させ、この再循環ガス（ＥＧＲガス）の吸熱作用によって燃料及びその周囲のガス温を比較的低温に保った状態で燃焼を行わせ、煤（スモーク）の発生を抑えるというものである。

【００６０】

すなわち、図１に示される内燃機関ではＥＧＲ率（ＥＧＲガス量／（ＥＧＲガス量＋吸入空気量））を増大していくと煤の発生量が次第に増大してピークに達し、更にＥＧＲ率を高めていくと今度は煤の発生量が急激に低下する。この煤の発生量がピークとなるＥＧＲ率より高いＥＧＲ率で行われる燃焼が低温燃焼である。なお、低温燃焼はＥＧＲガスに限らず、吸熱作用を有するその他の不活性ガスを用いることによっても同様に行わせることができることから、以上のことを言い換えれば、低温燃焼とは燃焼室の不活性ガス量を煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも多くした時に行われる燃焼であると言える。このような低温燃焼が行われると、排気ガス温度が上昇しＮＯｘ吸収剤４６を昇温することができる。また、排気ガス中に還元剤（ＨＣ、ＣＯ等）が多く含まれるようになり、その反応によってＮＯｘ吸収剤４６を昇温することができる。

【００６１】

本実施形態では、上述の二つの方法を内燃機関の運転状態に応じて使い分けてＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにしている。すなわち、内燃機関の運転状態が高負荷の場合には上述したような燃料噴射制御によってＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにし、低負荷の場合には上述の低温燃焼によってＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにしている。これは、低温燃焼は、ＮＯｘ吸収剤４６全体を均一に昇温する上で好ましいのであるが、その性質上、燃料噴射量が少なく燃焼による発熱量が比較的少ない低負荷運転時に良好に実施することが可能であるためである。

【００６２】
ここで、どちらの方法で昇温するかの判定については、例えば図７に示したようなマップに基づいて行われる。図７において、横軸は機関回転数Ｎであり、縦軸はアクセル踏込み量Ｌである。つまり、その時の運転状態が図７に示した機関回転数Ｎが比較的大きく且つアクセル踏込み量Ｌが比較的大きい領域Ｈにある場合には燃料噴射制御によってＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにする。逆に、その時の運転状態が図７において領域Ｓにある場合には低温燃焼によってＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにする。図７のマップは低温燃焼を良好に実施できる範囲に基づいて予め作成しＲＯＭ３２に記憶させておく。
【００６３】
なお、ＮＯｘ吸収剤４６を昇温する更に別の方法としては、図８に示した構成のように、ＮＯｘ吸収剤４６を担持したフィルタ２２の上流に燃料添加装置４４を設けておき、これによって排気ガス通路内に燃料を添加してＮＯｘ吸収剤４６を昇温するという方法もある。そして更に、先に述べた二つの方法にこの方法を加えた三つの方法から内燃機関の運転状態に応じて適した方法を選択してＮＯｘ吸収剤４６を昇温するようにしてもよい。
【００６４】
ステップ１０３における再生制御の第１工程においては、ＮＯｘ吸収剤４６が硫黄分を放出する温度（硫黄分放出温度）以上に昇温される。硫黄分放出温度は予め実験等によって求められるが、例えば６００℃以上の温度である。
また、上述の説明からも明らかであるが、この再生制御の第１工程においてＮＯｘ吸収剤４６を昇温すると、その下流にある酸化触媒５６も昇温されることになる。すなわち、ＮＯｘ吸収剤４６を昇温する場合には、上述したように排気ガス温度が上昇せしめられるので、それによって酸化触媒５６も昇温される。また、排気ガス中の可燃成分（ＨＣ等）が増加される場合にはその反応によって下流にある酸化触媒５６も昇温される。この酸化触媒５６は、次の第２工程からはＮＯｘ吸収剤４６から放出されるH_2Sを酸化処理する必要があるため、第１工程においてその活性化温度まで昇温しておくことが望ましい。酸化触媒５６の昇温を促進するために第１工程において空気供給装置４３から排気ガス通路に空気を供給するようにしても良い。
【００６５】
ステップ１０３の再生制御の第１工程において、ＮＯｘ吸収剤４６が硫黄分放出温度以上に昇温されると、または、ＮＯｘ吸収剤４６が硫黄分放出温度以上に昇温され且つ酸化触媒５６が活性化温度まで昇温されるとステップ１０５に進む。ステップ１０５においては再生制御の第２工程が実施される。
【００６６】
具体的には、ステップ１０５の第２工程においては、ＮＯｘ吸収剤４６を硫黄分放出温度以上に維持しつつそれに流入する排気ガスの空燃比を僅かにリッチにすると共に、空気供給装置４３によって空気を供給して酸化触媒５６に流入する排気ガスの空燃比をほぼ理論空燃比または僅かにリーンにし酸化触媒５６を更に昇温するようにする。
【００６７】
この第２工程では、ＮＯｘ吸収剤４６が硫黄分放出温度以上に維持され且つそれに流入する排気ガスの空燃比が僅かにリッチにされるので、ＮＯｘ吸収剤４６からの硫黄分の放出が開始される。しかし、排気ガス空燃比のリッチの度合が低いので硫黄分の放出速度は低い。また、この場合、硫黄分の多くはSO_2の形で放出される。
【００６８】
ＮＯｘ吸収剤４６を硫黄分放出温度以上に維持しつつそれに流入する排気ガスの空燃比を僅かにリッチにする方法には種々の方法があるが、本実施形態では例えば、上述の低温燃焼をリッチ空燃比のもとで行うようにする。また、図８に示したような燃料添加装置４４を有する構成であれば、燃料添加装置４４によって排気ガス通路内に適量の燃料を添加することで同様の目的を達成することができる。
【００６９】
図９は、ＮＯｘ吸収剤４６に流入する排気ガスの空燃比ＡＦ１、ＮＯｘ吸収剤４６に流入

する排気ガスの温度Ｔｎｉ及びＮＯｘ吸収剤４６の温度Ｔｎの経時変化の一例について示した図である。この図の例では、空燃比ＡＦ１が小さくなるにしたがってＮＯｘ吸収剤４６の温度Ｔｎが上昇し、空燃比ＡＦ１をリッチ空燃比とした状態でＮＯｘ吸収剤４６の温度Ｔｎを硫黄分放出温度とし得る６００℃以上に維持することができている。

【００７０】

また、上述したようにこの第２工程では、空気供給装置４３によって空気が供給され酸化触媒５６に流入する排気ガスの空燃比がほぼ理論空燃比または僅かにリーンにされて酸化触媒５６が更に昇温される。つまり、ＮＯｘ吸収剤４６から流出してくる空燃比がリッチの排気ガスに空気を供給して酸化触媒５６での反応性を高め、酸化触媒５６を昇温するようにする。

【００７１】

図１０は、空気供給装置４３によって空気を供給した場合の排気ガスの空燃比や酸化触媒５６の温度等の経時変化の一例について示した図である。図中、ＡＦ２がＮＯｘ吸収剤４６から流出した時の（すなわち、空気供給装置４３の上流の）排気ガスの空燃比、ＡＦ３が酸化触媒５６に流入する排気ガスの空燃比、Ｔｃｉが酸化触媒５６に流入する排気ガスの温度、Ｔｃｏが酸化触媒５６から流出する排気ガスの温度、Ｔｃが酸化触媒５６の温度、ＴｎがＮＯｘ吸収剤４６の温度を夫々示す。

【００７２】

この図は、時刻ｔ１からｔ２までの間、空気の供給が行われた場合について示している。この図の例では、空気の供給により酸化触媒５６に流入する排気ガスの空燃比ＡＦ３がほぼ理論空燃比に上昇せしめられている。そして、それに伴って酸化触媒５６に流入する排気ガスの温度Ｔｃｉが僅かに下がる一方、酸化触媒５６の温度Ｔｃは６５０℃以上に上昇せしめられている。これは空気の供給により酸化触媒５６での反応が高められた結果である。また、この間、ＮＯｘ吸収剤４６の温度Ｔｎは６００℃以上に維持されている。

【００７３】

ところで、このように酸化触媒５６を昇温するのは、酸化触媒５６においてSO_2がSO_3に酸化されるのを抑制するためである。すなわち、図１１に示されているように、酸化触媒５６におけるSO_2からSO_3への酸化率は酸化触媒５６の温度Ｔｃが高くなる程低くなる傾向がある。したがって、酸化触媒５６を昇温することで、酸化触媒５６においてSO_2がSO_3に酸化されるのを抑制することができ、SO_3の大気への排出を抑制することが可能となる。

【００７４】

詳細には、図１１は排気ガス中に１０００ｐｐｍのSO_2を含んでいる場合における酸化触媒５６の温度ＴｃとSO_2からSO_3への酸化率（すなわち、酸化されてSO_3になるSO_2の割合）Ｐｏとの関係を示した図である。図中の曲線ａは、排気ガス中の酸素濃度が０．０５％の場合、曲線ｂは排気ガス中の酸素濃度が１．０％の場合、曲線ｃは排気ガス中の酸素濃度が７．０％の場合を夫々示している。

【００７５】

この図から明らかなように、上記酸化率Ｐｏは、排気ガス中の酸素濃度が低い程、また、酸化触媒５６の温度Ｔｃが高い程低く抑えることができる。しかしここで、排気ガス中の酸素濃度については、再生制御ではH_2Sの排出を抑制すべく酸化触媒５６でH_2Sを酸化する必要があるため、その値をある程度以上に維持する必要がある。このため、再生制御においてH_2Sの排出を抑制し且つ、SO_2からSO_3への酸化率Ｐｏを低減するためには、酸化触媒５６の温度Ｔｃを高くする必要がある。言い換えれば、酸化触媒５６の温度Ｔｃを高くすることで、再生制御においてH_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することができる。

【００７６】

上述したように第２工程において酸化触媒５６を昇温するのは、酸化触媒５６においてSO_2がSO_3に酸化されるのを抑制し、SO_3の大気への排出を抑制するためである。特に後続の第３工程においては、第２工程よりも多くの硫黄分が放出されることになるので、

第２工程では酸化触媒５６の温度が、酸化触媒５６におけるSO_2からSO_3への酸化を充分に抑制できる所定温度Ｔｃｘになるまで上昇せしめられる。この所定温度Ｔｃｘは予め実験等によって求められるが、例えば図１１によれば、酸化触媒５６の温度Ｔｃを６００℃以上とすれば、SO_3の排出を相当に抑制することができると考えられるので、上記所定温度Ｔｃｘとして６００℃以上の温度が設定され得る。

【００７７】

なお、上述したように、この第２工程ではＮＯｘ吸収剤４６から放出される硫黄分の多くはSO_2の形で放出される。そして第２工程中においては酸化触媒５６の温度が充分に上がっていないためにSO_2の一部はSO_3に酸化されることになる。しかし、第２工程においては放出される硫黄分の絶対量が少ないために一部がSO_3に酸化されても白煙の問題が生じる場合は殆どない。

【００７８】

ステップ１０５の再生制御の第２工程において、酸化触媒５６が上記所定温度Ｔｃｘ以上に昇温されるとステップ１０７に進む。ステップ１０７においては再生制御の第３工程が実施される。

具体的には、ステップ１０７の第３工程においては、ＮＯｘ吸収剤４６を硫黄分放出温度以上に維持しつつそれに流入する排気ガスの空燃比を上記第２工程の時よりもリッチにすると共に、上記空気供給装置４３によって空気を供給して酸化触媒５６に流入する排気ガスの空燃比をリーンにし酸化触媒５６を上記所定温度Ｔｃｘ以上に維持するようにする。

【００７９】

本実施形態においては、上記第２工程の時よりもリッチの度合を高くして低温燃焼を実施することでＮＯｘ吸収剤４６に流入する排気ガスの空燃比を上記第２工程の時よりもリッチにする。また、図８に示したような燃料添加装置４４を有する構成であれば、燃料添加装置４４によって排気ガス通路内に添加する燃料の量を上記第２工程の時よりも多くすることで同様の目的を達成することができる。

【００８０】

この第３工程においては、ＮＯｘ吸収剤４６を硫黄分放出温度以上に維持しつつそれに流入する排気ガスの空燃比が上記第２工程の時よりもリッチにされるので、ＮＯｘ吸収剤４６から迅速に硫黄分を放出することができる。そしてその結果、再生制御の完了までの時間を短縮することができる。また、この際、硫黄分の多くがH_2Sの形で放出されることになるが、第３工程においては、上記空気供給装置４３によって空気が供給され酸化触媒５６においてH_2Sが効率良く酸化されてH_2Sの大気への排出が抑制される。更に、酸化触媒５６は上記所定温度Ｔｃｘ以上に維持されるので、酸化触媒５６におけるSO_2からSO_3への酸化は充分に抑制され、SO_3の大気への排出が抑制される。

【００８１】

図５に示した制御ルーチンにおいては、ステップ１０７で再生制御の第３工程が開始されると、ステップ１０９に進んで再生制御完了条件が成立したか否かが判定される。この再生制御完了条件としては、例えば再生制御の実施時間等がある。すなわち、今回の再生制御の第１工程を開始した時点からの経過時間が予め定められた設定値よりも大きくなった時に再生制御完了条件が成立したと判定する。あるいは、第２工程または第３工程を開始した時点からの経過時間が予め定められた設定値よりも大きくなった時に再生制御完了条件が成立したと判定するようにしてもよい。

【００８２】

ステップ１０９において再生制御完了条件が成立していないと判定された場合にはステップ１０７に戻って再生制御の第３工程が継続される。一方、再生制御完了条件が成立していると判定された場合には再生制御の第３工程が終了せしめられ、本制御ルーチンが終了する。

【００８３】

以上、説明したように、本実施形態によれば、硫黄被毒再生時におけるH_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することができる。また、硫黄被毒再生をより短時間で完了するこ

とができ燃費の低減を図ることができる。

【００８４】

なお、上述の第１工程において燃料噴射パターンを制御してＮＯｘ吸収剤４６を昇温する場合であって膨張行程または排気行程中にも補助燃料Ｑｐが噴射される場合において、この補助燃料Ｑｐの噴射量を機関回転数Ｎや単位時間あたりの排気ガス量ＱＧまたは吸入空気量ＱＡに応じて補正するようにしてもよい。すなわち、上記補助燃料Ｑｐの量ＱＰと機関回転数Ｎや単位時間あたりの排気ガス量ＱＧまたは吸入空気量ＱＡとの間の関係は、ＮＯｘ吸収剤４６等の温度上昇が排気ガスの温度上昇と一定の相関があるとすると、次式のように書き表すことができる。

【００８５】

$$\alpha \cdot QP \cdot N / 60 \cdot \rho \cdot Ca \cdot 4.19 = Cp \cdot \Delta Tg \cdot QG = Cp \cdot \Delta Tg \cdot \beta \cdot QA$$

【００８６】

ここで、Ｎは機関回転数（ｒｐｍ）、ρは燃料の比重、Ｃａは燃料の単位質量当たりの発熱量（ｃａｌ／ｇ）、Ｃｐは排気ガスの比熱、ΔＴｇはＮＯｘ吸収剤４６等の必要温度上昇幅である。αは補助燃料Ｑｐの発熱量の総てがＮＯｘ吸収剤４６等の温度上昇に寄与しないために乗算される補正係数であり、βは吸入空気量ＱＡに乗算して排気ガス量ＱＧを求めるための補正係数である。補正係数α、βは実験等によって求められ、例えばα＝０．７、β＝１．２９と設定される。

【００８７】

この式の関係から明らかなように、例えば同じ昇温幅（ΔＴｇ）に対して必要となる上記補助燃料Ｑｐの量ＱＰは、機関回転数Ｎが高い程少なくなり、排気ガス量ＱＧまたは吸入空気量ＱＡが多い程多くなる。したがって、上記補助燃料Ｑｐの量ＱＰを機関回転数Ｎや単位時間当たりの発生排気ガス量ＱＧまたは吸入空気量ＱＡに応じて補正することによって、ＮＯｘ吸収剤４６等の温度を適切に制御することが可能となる。

【００８８】

また、上述の第２工程や第３工程において、ＮＯｘ吸収剤４６に流入する排気ガスのリッチの度合が、内燃機関の運転状態に応じて調整されるようになっていてもよい。すなわち例えば、内燃機関の運転状態が低負荷の場合にリッチの度合が高くなるようにし、高負荷の場合に低くなるようにする。そしてこのようにすると、酸化触媒５６の温度を適切に制御することが可能となる。

【００８９】

すなわち、酸化触媒５６の温度は、内燃機関の運転状態が高負荷の場合程高くなる傾向がある。つまり、内燃機関の運転状態が低負荷の場合には酸化触媒５６の温度を上昇させ難い。そこで上述したように、低負荷の場合にリッチの度合を高くすれば、酸化触媒５６の温度が上がり難い場合に空気供給装置４３による空気の供給によって酸化触媒５６での反応を容易に高めることができ、酸化触媒５６の温度を迅速に上昇させる（またはその温度を良好に維持させる）ことが可能となる。また、酸化触媒５６の温度が上がり易い高負荷の場合に、リッチの度合を低くすることで酸化触媒５６での反応が抑えられ、酸化触媒５６が過熱して熱劣化するのを抑制することができる。

【００９０】

なお、図１及び図８に示した構成では、上流側の第１排気浄化手段がＮＯｘ吸収剤４６を担持したフィルタ２２であり、下流側の第２排気浄化手段が酸化触媒５６であったが、本発明はこれに限定されるものではなく、第１排気浄化手段が硫黄分を吸蔵することができ、第２排気浄化手段が酸化触媒を含んでいれば他の構成であってもよい。つまり、例えば上流側の第１排気浄化手段がＮＯｘ吸収剤のみであり、下流側の第２排気浄化手段が酸化触媒を担持したフィルタであってもよい。

【００９１】

【発明の効果】

各請求項に記載の発明は、硫黄被毒再生時において、H_2Sの排出とSO_3の排出を共に抑制することを可能にするという共通の効果を奏する。また、硫黄被毒再生をより短時間で完了することができる。更に、請求項３に記載の発明によれば、硫黄被毒再生時におけるH_2Sの排出をより確実に抑制することができる。

【００９２】

請求項４に記載の発明によれば、硫黄被毒再生を行う際に硫黄分を吸蔵している第１排気浄化手段を内燃機関の良好な燃焼を確保しつつ容易に昇温することができる。また、請求項５に記載の発明によれば、硫黄被毒再生を行う際により迅速に上記第１排気浄化手段を昇温することができる。更に、請求項６に記載の発明によれば、硫黄被毒再生を行う際に、上記第１排気浄化手段及び酸化触媒を含む第２排気浄化手段の温度を適切に制御することができる。

【００９３】

請求項７に記載の発明によれば、硫黄被毒再生を行う際に上記第１及び第２排気浄化手段を容易且つ確実に昇温でき、特に上記第２排気浄化手段を迅速に昇温することができる。また、請求項８に記載の発明によれば、硫黄被毒再生時において、上記第２排気浄化手段の温度を適切に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】図１は、本発明を筒内噴射型の圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示す図である。

【図２】図２は、機関の要求トルクを示す図である。

【図３】図３は、ＮＯｘ吸収剤が担持されたパティキュレートフィルタの拡大断面図である。

【図４】図４は、ＮＯｘの吸収放出及び還元浄化作用を説明するための図である。

【図５】図５は、図１に示した構成で実施され得る硫黄被毒再生制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図６】図６は、噴射制御を説明するための図である。

【図７】図７は、図５の制御ルーチンのステップ１０３においてＮＯｘ吸収剤の昇温方法を決定するために使用され得るマップである。

【図８】図８は、本発明を別の筒内噴射型の圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示す図である。

【図９】図９は、ＮＯｘ吸収剤に流入する排気ガスの空燃比ＡＦ１、ＮＯｘ吸収剤に流入する排気ガスの温度Ｔｎｉ及びＮＯｘ吸収剤の温度Ｔｎの経時変化について示した図である。

【図１０】図１０は、空気供給装置によって空気を供給した場合の排気ガスの空燃比や酸化触媒の温度等の経時変化について示した図である。

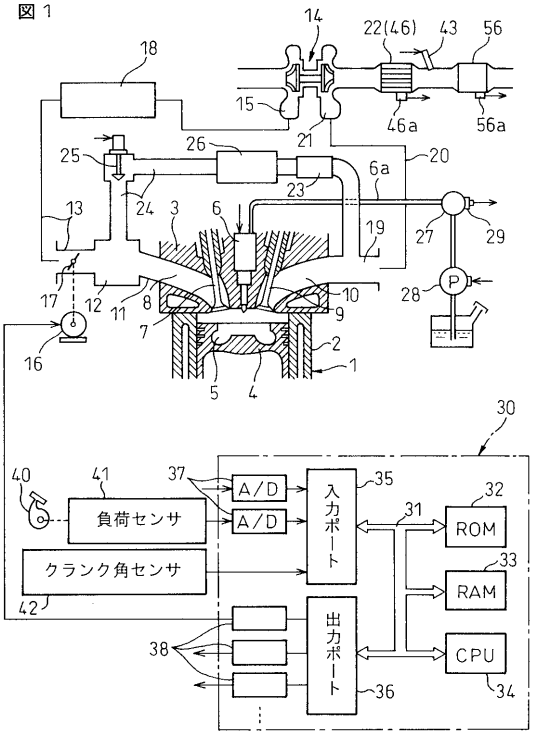
【図１１】図１１は排気ガス中に１０００ｐｐｍのSO_2を含んでいる場合における酸化触媒の温度ＴｃとSO_2からSO_3への酸化率（すなわち、酸化されてSO_3になるSO_2の割合）Ｐｏとの関係を示した図である。

【符号の説明】

１…機関本体
５…燃焼室
６…電気制御式燃料噴射弁
２２…パティキュレートフィルタ
３０…電子制御ユニット
４３…空気供給装置
４４…燃料添加装置
４６…ＮＯｘ吸収剤
５６…酸化触媒

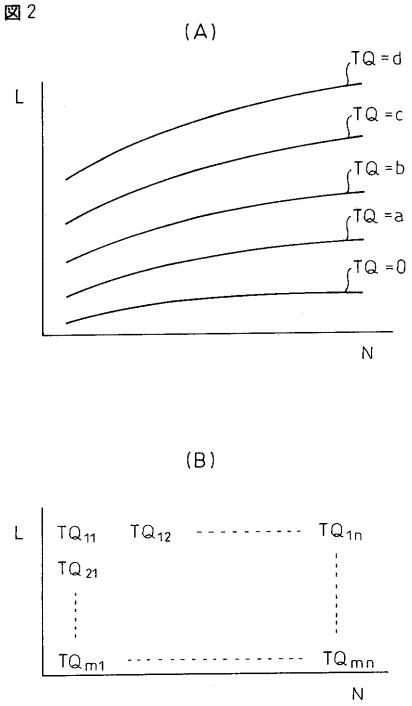
【図１】

図１



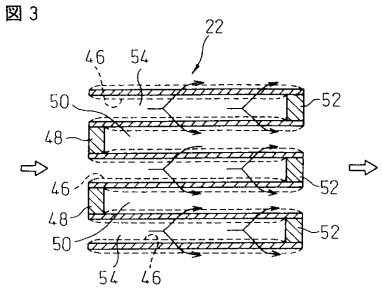
【図２】

図２



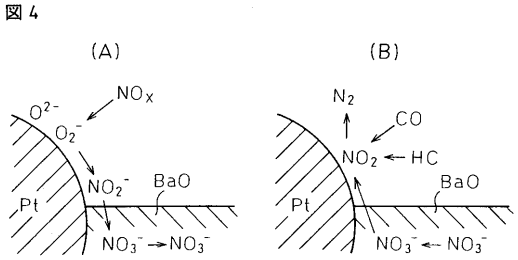
【図３】

図３



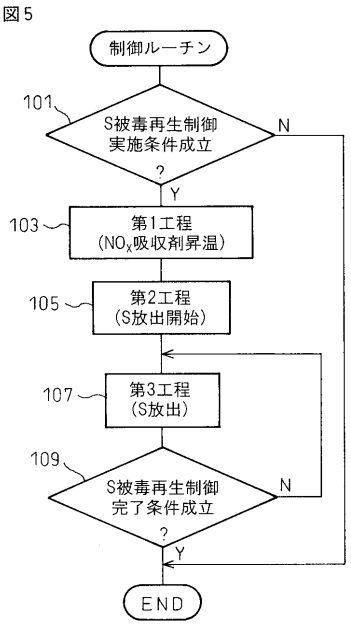
【図４】

図４



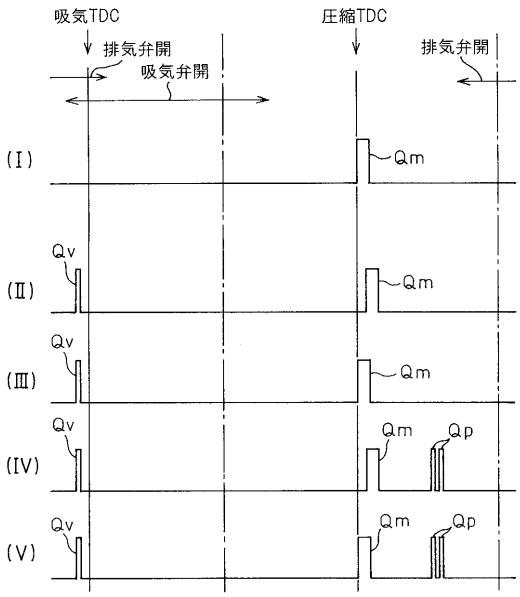
【図５】

図５



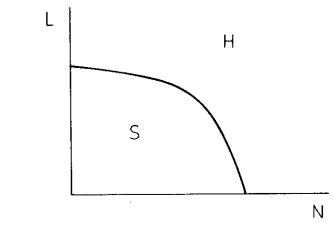
【図６】

図6



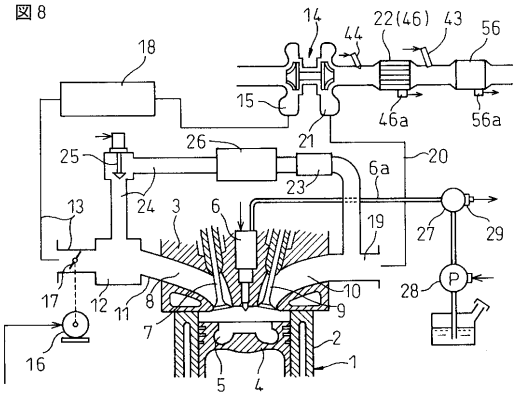
【図７】

図7



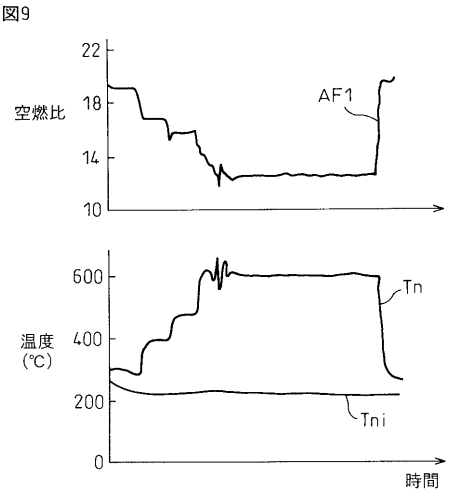
【図８】

図8



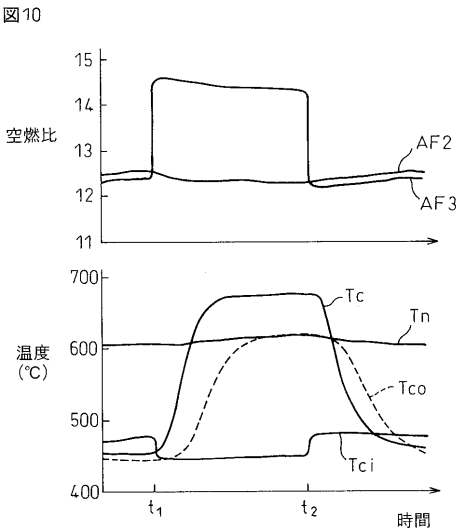
【図９】

図9



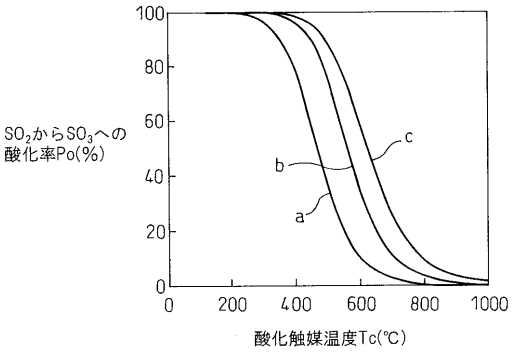
【図１０】

図10



【図１１】

図11


100
80
60
40
20
0
0
200
400
600
800
1000
SO2からSO3への
酸化率Po(%)
酸化触媒温度Tc(℃)
a
b
c

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			FI		
F01N	***3/22***	***(2006.01)***	B01D	53/36	K
F01N	***3/24***	***(2006.01)***	F01N	3/08	ZABA
F01N	***3/28***	***(2006.01)***	F01N	3/20	E
F02D	***41/02***	***(2006.01)***	F01N	3/22	301M
F02D	***45/00***	***(2006.01)***	F01N	3/24	R
F02M	***25/07***	***(2006.01)***	F01N	3/24	S
			F01N	3/28	301D
			F02D	41/02	380E
			F02D	45/00	312J
			F02D	45/00	312K
			F02M	25/07	570G
			F02M	25/07	570J

(72)発明者 佐々木 静夫
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 伊藤 和浩
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 加藤 啓

(56)参考文献 特開２０００－１１０５５２（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１３７７１３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F02D 41/00-41/40
F02D 43/00-45/00
F01N 3/00
F01N 9/00