

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6015685号
(P6015685)

(45) 発行日 平成28年10月26日 (2016.10.26)

(24) 登録日 平成28年10月7日 (2016.10.7)

(51) Int.Cl.

F I

F O 1 N 3/36 (2006.01)

F O 1 N 3/36 Z A B B

F O 1 N 3/08 (2006.01)

F O 1 N 3/08 B

B O 1 D 53/86 (2006.01)

F O 1 N 3/08 D

B O 1 D 53/94 (2006.01)

F O 1 N 3/36 D

F O 1 N 3/36 C

請求項の数 9 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-15934 (P2014-15934)
 (22) 出願日 平成26年1月30日 (2014.1.30)
 (65) 公開番号 特開2015-140793 (P2015-140793A)
 (43) 公開日 平成27年8月3日 (2015.8.3)
 審査請求日 平成27年10月21日 (2015.10.21)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 100106149
 弁理士 矢作 和行
 (74) 代理人 100121991
 弁理士 野々部 泰平
 (74) 代理人 100145595
 弁理士 久保 貴則
 (72) 発明者 矢羽田 茂人
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 衣川 真澄
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】還元剤添加装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関 (1 0) の排気に含まれる N O x を還元触媒上で浄化する N O x 浄化装置 (1 5) が排気通路 (1 0 e x) に備えられた燃焼システムに設けられ、前記排気通路のうち前記還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置において、

炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により前記燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を前記還元剤として前記排気通路へ添加する改質装置 (A 1 、 A 2 、 A 3 、 A 4) と、

前記改質装置へ供給する前記燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段 (S 7 0) と、

前記取得手段により取得された前記性状指数に応じて、前記改質装置の作動を制御する制御手段 (S 7 2) と、を備え、

前記改質装置は、オゾンを生成して前記空気に含ませておくオゾン生成装置 (2 0) を有し、

前記制御手段は、前記オゾン生成装置の作動を制御することで前記オゾンの生成量を目標生成量に制御するにあたり、前記性状指数に応じて前記目標生成量を変更することを特徴とする還元剤添加装置。

【請求項 2】

内燃機関 (1 0) の排気に含まれる N O x を還元触媒上で浄化する N O x 浄化装置 (1 5) が排気通路 (1 0 e x) に備えられた燃焼システムに設けられ、前記排気通路のうち

前記還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置において、

炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により前記燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を前記還元剤として前記排気通路へ添加する改質装置（A 1、A 2、A 3、A 4）と、

前記改質装置へ供給する前記燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段（S 7 0）と、

前記取得手段により取得された前記性状指数に応じて、前記改質装置の作動を制御する制御手段（S 7 2）と、を備え、

前記取得手段は、前記燃料が前記酸素により酸化される際の反応発熱量と相関のある物理量を前記性状指数として取得し、

10

前記制御手段は、前記反応発熱量が少ないほど、前記NO_x浄化装置によるNO_x浄化率を増大させるように前記改質装置の作動を変更することを特徴とする還元剤添加装置。

【請求項 3】

前記改質装置は、前記燃料を前記空気と混合させて前記酸化を生じさせる反応室（3 0 a）を内部に形成する反応容器（3 0）、および前記反応室の温度を検出する温度センサ（3 1）を有し、

前記制御手段は、前記温度センサによる検出温度が低いほど、前記反応発熱量が少ないとみなして前記改質装置の作動を変更することを特徴とする請求項 2 に記載の還元剤添加装置。

【請求項 4】

20

内燃機関（1 0）の排気に含まれるNO_xを還元触媒上で浄化するNO_x浄化装置（1 5）が排気通路（1 0 e x）に備えられた燃焼システムに設けられ、前記排気通路のうち前記還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置において、

前記内燃機関の燃焼に用いられ燃料であって炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により前記燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を前記還元剤として前記排気通路へ添加する改質装置（A 1、A 2、A 3、A 4）と、

前記改質装置へ供給する前記燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段（S 7 0）と、

前記取得手段により取得された前記性状指数に応じて、前記改質装置の作動を制御する制御手段（S 7 2）と、を備え、

30

前記取得手段は、前記内燃機関における発熱量を前記性状指数として取得し、

前記制御手段は、前記発熱量が小さいほど、前記NO_x浄化装置によるNO_x浄化率を増大させるように前記改質装置の作動を変更することを特徴とする還元剤添加装置。

【請求項 5】

前記改質装置は、前記燃料および前記空気の混合気を加熱するヒータ（5 0）を有し、前記制御手段は、前記ヒータの作動を制御することで前記混合気の温度を目標温度に制御するにあたり、前記性状指数に応じて前記目標温度を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の還元剤添加装置。

【請求項 6】

前記改質装置は、前記燃料を前記空気と混合させて前記酸化を生じさせる反応室（3 0 a）を内部に形成する反応容器（3 0）、および前記反応室へ前記燃料を噴射する燃料噴射弁（4 0）を有し、

40

前記制御手段は、前記燃料噴射弁の作動を制御することで前記反応室への燃料噴射量を目標噴射量に制御するにあたり、前記性状指数に応じて前記目標噴射量を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載の還元剤添加装置。

【請求項 7】

前記取得手段は、前記NO_x浄化装置によるNO_x浄化率を前記性状指数として取得し、

前記制御手段は、前記NO_x浄化率が低いほど、当該NO_x浄化率を増大させるように前記改質装置の作動を変更することを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の還

50

元剤添加装置。

【請求項 8】

前記改質装置へ供給される前記燃料には、前記内燃機関の燃焼に用いられる燃料が用いられており、

前記取得手段は、前記内燃機関における着火遅れ時間を前記性状指数として取得し、

前記制御手段は、前記着火遅れ時間が長いほど、前記 NO_x 浄化装置による NO_x 浄化率を増大させるように前記改質装置の作動を変更することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の還元剤添加装置。

【請求項 9】

前記性状指数が、予め設定しておいた正常範囲を超えた値である場合に、前記改質装置または NO_x 浄化装置に異常が生じていると判定する異常判定手段 (S71) を備えることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 つに記載の還元剤添加装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、 NO_x の還元を用いる還元剤として炭化水素化合物（燃料）を添加する、還元剤添加装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、内燃機関の排気に含まれる NO_x （窒素酸化物）を、還元触媒上で還元剤と反応させて浄化する技術が知られている。そして、特許文献 1 に記載の浄化システムでは、内燃機関の燃焼に用いる燃料（炭化水素化合物）を還元剤として用いており、排気通路のうち還元触媒の上流側へ上記燃料を添加している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 162173 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

さて、本発明者らは、燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により燃料を部分的に酸化させることで燃料を改質し、改質した燃料を還元剤として排気通路へ添加する構成について検討した。これによれば、還元剤の還元力が向上し、 NO_x 浄化率の向上を図ることができる。

【0005】

しかしながら、市場に流通している炭化水素系の燃料（例えば軽油）には、分子構造の異なる様々な成分が混在しており、それらの成分の混在割合は産油地域や販売地域毎に異なるのが実情である。したがって、市場に流通している燃料の性状は多種多様であり、上述の如く燃料を部分酸化させて改質させる場合には、改質前の燃料の性状の違いが、改質後の燃料の還元力に大きな影響を与える。

40

【0006】

本発明は、上記問題を鑑みてなされたもので、その目的は、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することの抑制を図った還元剤添加装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

ここに開示される発明は上記目的を達成するために以下の技術的手段を採用する。なお、特許請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、発明の技術的範囲を限定するものではない。

【0008】

開示される発明のひとつは、内燃機関 (10) の排気に含まれる NO_x を還元触媒上で

50

浄化する NO_x 浄化装置(15)が排気通路(10ex)に備えられた燃焼システムに設けられ、排気通路のうち還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置であることを前提とする。

【0009】

そして、炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を還元剤として排気通路へ添加する改質装置(A1、A2、A3、A4)と、改質装置へ供給する燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段(S70)と、取得手段により取得された性状指数に応じて、改質装置の作動を制御する制御手段(S72)と、を備え、改質装置は、オゾンを生成して空気に含ませておくオゾン生成装置(20)を有し、制御手段は、オゾン生成装置の作動を制御することでオゾンの生成量を目標生成量に制御するにあたり、性状指数に応じて目標生成量を変更することを特徴とする。

10

さらに開示される発明のひとつは、内燃機関(10)の排気に含まれる NO_x を還元触媒上で浄化する NO_x 浄化装置(15)が排気通路(10ex)に備えられた燃焼システムに設けられ、排気通路のうち還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置であることを前提とする。

そして、炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を還元剤として排気通路へ添加する改質装置(A1、A2、A3、A4)と、改質装置へ供給する燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段(S70)と、取得手段により取得された性状指数に応じて、改質装置の作動を制御する制御手段(S72)と、を備え、取得手段は、燃料が酸素により酸化される際の反応発熱量と相関のある物理量を性状指数として取得し、制御手段は、反応発熱量が少ないほど、 NO_x 浄化装置による NO_x 浄化率を増大させるように改質装置の作動を変更することを特徴とする。

20

さらに開示される発明のひとつは、内燃機関(10)の排気に含まれる NO_x を還元触媒上で浄化する NO_x 浄化装置(15)が排気通路(10ex)に備えられた燃焼システムに設けられ、排気通路のうち還元触媒の上流側へ還元剤を添加する還元剤添加装置であることを前提とする。

そして、内燃機関の燃焼に用いられ燃料であって炭化水素化合物である燃料と空気を混合させ、空気中の酸素により燃料を部分的に酸化させることで改質し、改質した燃料を還元剤として排気通路へ添加する改質装置(A1、A2、A3、A4)と、改質装置へ供給する燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する取得手段(S70)と、取得手段により取得された性状指数に応じて、改質装置の作動を制御する制御手段(S72)と、を備え、取得手段は、内燃機関における発熱量を性状指数として取得し、制御手段は、発熱量が小さいほど、 NO_x 浄化装置による NO_x 浄化率を増大させるように改質装置の作動を変更することを特徴とする。

30

【0010】

これら開示される3つの発明によれば、改質装置へ供給する燃料の性状と相関のある物理量を、性状指数として取得し、取得した性状指数に応じて改質装置の作動を制御する。そのため、例えば、供給された燃料が、改質後の燃料の還元力を十分に得られない性状である場合には、還元剤の添加量を増やしたり、改質作用を増大させたりする等、還元剤の添加量が不足しないように改質装置を作動させることができる。よって、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1実施形態に係る還元剤添加装置、およびその装置が適用される燃焼システムを示す模式図。

【図2】初期温度の条件を異ならせて、2段階酸化反応による温度変化をシミュレーションした結果を示すグラフ。

【図3】当量比の条件を異ならせて、2段階酸化反応による温度変化をシミュレーション

50

した結果を示すグラフ。

【図４】図１に示す還元剤添加装置において、オゾン生成と改質燃料生成とを切り替える制御の手順を示すフローチャート。

【図５】図４に示す改質燃料生成制御に係る、サブルーチン処理の手順を示すフローチャート。

【図６】反応室へ供給された燃料が $C_{10}H_{22}$ である場合における、冷炎反応生成物を示すシミュレーション結果。

【図７】反応室へ供給された燃料が $C_{16}H_{34}$ である場合における、冷炎反応生成物を示すシミュレーション結果。

【図８】図６および図７に示す冷炎反応生成物の総量を表したシミュレーション結果。

【図９】第１実施形態において、燃料性状に応じて改質装置の作動を変更させる処理の手順を示すフローチャート。

【図１０】第１実施形態において、 NO_x 浄化率と燃料性状との相関を示すグラフ。

【図１１】第１実施形態において、燃料性状に適した還元剤量を示すグラフ。

【図１２】第１実施形態において、 NO_x 浄化率に適合する還元剤量を示すマップ。

【図１３】本発明の第２実施形態において、燃料性状に適合するヒータ温度を示すマップ。

【図１４】本発明の第３実施形態において、燃料性状に適合するオゾン添加量を示すマップ。

【図１５】本発明の第４実施形態において、内燃機関での発熱量と燃料性状との相関を示すグラフ。

【図１６】本発明の第５実施形態において、内燃機関での着火遅れ時間と燃料性状との相関を示すグラフ。

【図１７】本発明の第６実施形態において、反応室での温度と燃料性状との相関を示すグラフ。

【図１８】本発明の第７実施形態に係る還元剤添加装置、およびその装置が適用される燃焼システムを示す模式図。

【図１９】本発明の第８実施形態に係る還元剤添加装置、およびその装置が適用される燃焼システムを示す模式図。

【図２０】本発明の第９実施形態に係る還元剤添加装置、およびその装置が適用される燃焼システムを示す模式図。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、図面を参照しながら発明を実施するための複数の形態を説明する。各形態において、先行する形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各形態において、構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の形態を参照し適用することができる。

【００１３】

（第１実施形態）

図１に示す燃焼システムは、以下に詳述する内燃機関１０、過給機１１、微粒子捕集装置（ＤＰＦ１４）、ＤＰＦ再生装置（再生用ＤＯＣ１４ａ）、 NO_x 浄化装置１５、還元剤浄化装置（浄化用ＤＯＣ１６）および還元剤添加装置を備える。燃焼システムは車両に搭載されたものであり、当該車両は、内燃機関１０の出力を駆動源として走行する。内燃機関１０は、圧縮自着火式のディーゼルエンジンであり、燃焼に用いる燃料には軽油を用いている。

【００１４】

過給機１１は、タービン１１ａ、回転軸１１ｂおよびコンプレッサ１１ｃを備える。タービン１１ａは、内燃機関１０の排気通路１０ｅｘに配置され、排気の運動エネルギーにより回転する。回転軸１１ｂは、タービン１１ａおよびコンプレッサ１１ｃの各インペラを結合することで、タービン１１ａの回転力をコンプレッサ１１ｃに伝達する。コンプレッ

10

20

30

40

50

サ 1 1 c は、内燃機関 1 0 の吸気通路 1 0 i n に配置され、吸気を圧縮して内燃機関 1 0 へ過給する。

【 0 0 1 5 】

吸気通路 1 0 i n のうちコンプレッサ 1 1 c の下流側には、コンプレッサ 1 1 c で圧縮された吸気を冷却する冷却器 1 2 が配置されている。冷却器 1 2 により冷却された圧縮吸気は、スロットルバルブ 1 3 により流量調整された後、吸気マニホールドにより内燃機関 1 0 の複数の燃焼室へ分配される。

【 0 0 1 6 】

排気通路 1 0 e x のうちタービン 1 1 a の下流側には、再生用 D O C 1 4 a (Diesel Oxidation Catalyst)、D P F 1 4 (Diesel Particulate Filter)、N O x 浄化装置 1 5、浄化用 D O C 1 6 が順に配置されている。D P F 1 4 は、排気に含まれている微粒子を捕集する。再生用 D O C 1 4 a は、排気中の未燃燃料を酸化させて燃焼させる触媒を有する。この燃焼により、D P F 1 4 で捕集された微粒子を燃焼させて、D P F 1 4 を再生させて捕集能力を維持させる。なお、再生用 D O C 1 4 a への未燃燃料供給による燃焼は、常時実施されるものではなく、再生が必要な時期に一時的に実施される。

10

【 0 0 1 7 】

排気通路 1 0 e x のうち D P F 1 4 の下流側かつ N O x 浄化装置 1 5 の上流側には、還元剤添加装置の供給管 3 2 が接続されている。この供給管 3 2 から排気通路 1 0 e x へ、還元剤添加装置により生成された改質燃料が還元剤として添加される。改質燃料とは、還元剤として用いる炭化水素 (燃料) を部分的に酸化して、アルデヒド等の部分酸化炭化水素に改質したものであり、図 7 を用いて後に詳述する。

20

【 0 0 1 8 】

N O x 浄化装置 1 5 は、還元触媒を担持するハニカム状の担体 1 5 b と、担体 1 5 b を内部に収容するハウジング 1 5 a とを備える。N O x 浄化装置 1 5 は、排気中の N O x を還元触媒上で改質燃料と反応させて N₂ に還元することで、排気に含まれている N O x を浄化する。なお、排気中には N O x の他に O₂ も含まれているが、改質燃料は O₂ 存在下において N O x と選択的に反応する。

【 0 0 1 9 】

還元触媒には、N O x を吸着する機能を有したものが用いられている。詳細には、還元反応が可能となる活性化温度よりも触媒温度が低い場合には、還元触媒は排気中の N O x を吸着する機能を発揮する。そして、触媒温度が活性化温度以上の場合には、吸着されていた N O x は改質燃料により還元されて、還元触媒から放出される。例えば、担体 1 5 b に担持された銀アルミナによる還元触媒により、N O x 吸着機能を有した N O x 浄化装置 1 5 が提供される。

30

【 0 0 2 0 】

浄化用 D O C 1 6 は、酸化触媒を担持する担体をハウジング内に収容して構成されている。浄化用 D O C 1 6 は、還元触媒上にて N O x 還元を用いられずに N O x 浄化装置 1 5 から流出した還元剤を、酸化触媒上で酸化する。これにより、排気通路 1 0 e x の出口から還元剤が大気に放出されることを防止する。なお、酸化触媒の活性化温度 (例えば 2 0 0) は、還元触媒の活性化温度 (例えば 2 5 0) よりも低い。

40

【 0 0 2 1 】

次に、改質燃料を生成して供給管 3 2 から排気通路 1 0 e x へ添加する還元剤添加装置について説明する。還元剤添加装置は、以下に詳述する改質装置 A 1 および電子制御装置 (E C U 8 0) を備える。改質装置 A 1 は、放電リアクタ 2 0 (オゾン生成装置)、エアポンプ 2 0 p、反応容器 3 0、燃料噴射弁 4 0 およびヒータ 5 0 を有する。

【 0 0 2 2 】

放電リアクタ 2 0 は、内部に流通路 2 2 a を形成するハウジング 2 2 を備え、流通路 2 2 a には複数の電極 2 1 が配置されている。具体的には、電気絶縁部材 2 3 を介してハウジング 2 2 内に電極 2 1 が保持されている。これらの電極 2 1 は、互いに平行に対向するように配置された平板形状であり、高電圧が印加される電極と接地電圧の電極とが交互に

50

配置されている。電極 21 への電圧印加は、E C U 80 が備えるマイクロコンピュータ（マイコン 81）により制御される。

【0023】

放電リアクタ 20 のハウジング 22 には、エアポンプ 20 p により送風された空気が流入する。エアポンプ 20 p は電動モータにより駆動し、その電動モータはマイコン 81 により制御される。エアポンプ 20 p により送風された空気は、ハウジング 22 内の流通路 22 a に流入し、電極 21 間の通路である電極間通路 21 a を流通する。

【0024】

放電リアクタ 20 の下流側には、反応室 30 a を内部に形成する反応容器 30 が取り付けられている。この反応室 30 a では、燃料と空気が混合し、空気中の酸素により燃料を酸化反応する。電極間通路 21 a を流通して空気流入口 30 c から流入した空気は、反応室 30 a に流入した後、反応容器 30 に形成された噴出口 30 b から噴出する。噴出口 30 b は供給管 32 と連通する。

10

【0025】

反応容器 30 には、燃料噴射弁 40 が取り付けられている。燃料タンク 40 t 内の液体燃料は、ポンプ 40 p により燃料噴射弁 40 に供給され、燃料噴射弁 40 の噴孔（図示せず）から反応室 30 a へ噴射される。燃料タンク 40 t 内の燃料は、先述した燃焼用の燃料としても用いられており、内燃機関 10 の燃焼に用いる燃料と、還元剤として用いる燃料は共用される。燃料噴射弁 40 は、電磁ソレノイドによる電磁力により開弁作動させる構造であり、その電磁ソレノイドへの通電はマイコン 81 により制御される。

20

【0026】

反応容器 30 には、通電により発熱する発熱体（図示せず）を有したヒータ 50 が取り付けられており、発熱体への通電状態はマイコン 81 により制御される。ヒータ 50 の発熱面は反応室 30 a に配置され、燃料噴射弁 40 から噴射された液体燃料を加熱する。ヒータ 50 により加熱された液体燃料は反応室 30 a 内で気化する。さらに、気化した燃料は、ヒータ 50 により所定温度以上にまで加熱される。これにより、炭素数の少ない炭化水素に燃料が分解されるといったクラッキングが生じる。

【0027】

燃料噴射弁 40 はヒータ 50 の発熱面よりも上方に位置し、燃料噴射弁 40 から噴射された液体燃料は発熱面に付着した後に気化する。

30

【0028】

反応容器 30 には、反応室 30 a の温度を検出する温度センサ 31 が取り付けられている。具体的には、反応室 30 a のうちヒータ 50 の発熱面の上方部分に温度センサ 31 は配置されている。温度センサ 31 により検出される温度は、気化した燃料と空気との反応後の温度である。温度センサ 31 は、検出した温度の情報（検出温度）を E C U 80 へ出力する。

【0029】

さて、放電リアクタ 20 への通電を実施すると、電極 21 から放出された電子が、電極間通路 21 a の空気中に含まれる酸素分子に衝突する。すると、酸素分子からオゾンが生成される。つまり、放電リアクタ 20 は、放電により酸素分子をプラズマ状態にして、活性酸素としてのオゾンを生成する。したがって、反応室 30 a へ流入する空気には、放電リアクタ 20 で生成されたオゾンが含まれている。

40

【0030】

反応室 30 a では、空気中の酸素またはオゾンにより気体燃料が部分的に酸化される冷炎反応が生じている。このように部分的に酸化された燃料を改質燃料と呼び、改質燃料の具体例として、燃料（炭化水素化合物）の一部がアルデヒド基（C H O）に酸化された状態の部分酸化物（例えばアルデヒド）が挙げられる。

【0031】

ここで、高温環境下の燃料は、大気圧であっても、周囲の空気に含まれる酸素と酸化反応して自着火燃焼する。このような自着火燃焼による酸化反応は、発熱しながら二酸化炭

50

素と水が生成される熱炎反応とも呼ばれている。但し、燃料と空気の比率（当量比）および雰囲気温度が所定範囲にある場合には、以下に説明する冷炎反応で留まる期間が長くなり、その後に熱炎反応が生じる。つまり、冷炎反応と熱炎反応の２段階で酸化反応が生じる（図２、図３参照）。

【００３２】

この冷炎反応は、雰囲気温度が低く当量比が小さい場合に生じやすい反応であり、周囲の空気に含まれる酸素により燃料が部分的に酸化される反応である。そして、冷炎反応による発熱で雰囲気温度が上昇し、その後一定の時間が経過すると、部分酸化された燃料（例えばアルデヒド）が酸化されて先述の熱炎反応が生じる。そして、冷炎反応により生成されたアルデヒド等の部分酸化燃料を NO_x 浄化用の還元剤として用いると、部分酸化されてい

10

【００３３】

図２および図３は、燃料（ヘキサデカン）をヒータ５０に噴き付け、ヒータ５０を４３０ にした場合における、噴き付け開始からの経過時間に対する、反応室３０ａの温度（雰囲気温度）の変化を示すシミュレーション結果を示す。また、図２ではヒータ５０の温度を変化させて、各温度に対してシミュレーションしている。図中の符号Ｌ１は５３０、符号Ｌ２は４３０、符号Ｌ３は３３０、符号Ｌ４は２３０、符号Ｌ５は１３０、符号Ｌ６は３０ にヒータ温度を設定した場合の解析結果を各々示す。

【００３４】

符号Ｌ１に示すように、ヒータ温度が５３０ の場合には冷炎反応で留まる期間が殆ど無く、１段で酸化反応が完了する。これに対し、符号Ｌ２、Ｌ３に示すように、ヒータ温度を３３０ または４３０ にすると、上述した２段階酸化反応が生じる。また、符号Ｌ２、Ｌ３に示すように、ヒータ温度を３３０ にすると、４３０ にした場合に比べて冷炎反応の開始時期が遅くなる。また、符号Ｌ４～Ｌ６に示すように、ヒータ温度を２３０以下にすると、冷炎反応および熱炎反応のいずれもが生じなくなり、酸化反応が生じない。

20

【００３５】

図２に示すシミュレーションでは、噴射した燃料と供給される空気の比率である当量比を０．２３としていた。これに対し、さらに本発明者らは、当量比を異ならせてシミュレーションし、図３に示す解析結果を得た。なお、当量比を厳密に定義すると、「実際の混合気を含む燃料の重量」を、「完全燃焼できる燃料の重量」で除算した値である。図３に示すように、当量比を１．０にすると、冷炎反応で留まる期間が殆ど無く、１段で酸化反応が完了する。また、当量比を０．３７にすると、当量比を０．２３にした場合に比べて、冷炎反応の開始時期が早くなる。また、冷炎反応速度が速くなり、冷炎反応期間が短くなる。また、冷炎反応が終了した時点での雰囲気温度が高くなる。

30

【００３６】

図２および図３による解析結果から、以下の知見が得られる。すなわち、雰囲気温度が下限値よりも低い場合には酸化反応が生じない。雰囲気温度が下限値よりも高い場合であっても、当量比が１．０以上であれば、１段で酸化反応が完了する１段酸化反応領域となる。一方、雰囲気温度が所定の温度範囲であり、かつ、当量比が所定の当量比範囲である場合に、２段階酸化反応が生じる。

40

【００３７】

所定の温度範囲のうち最適温度（例えば３７０ ）に雰囲気温度を調整すると、２段階酸化反応が可能となる当量比が最大値（例えば１．０）となる。したがって、冷炎反応を早期に生じさせるには、ヒータ温度を最適温度に調整し、当量比を１．０にすればよい。但し、当量比が１．０を超えると冷炎反応が生じなくなるので、１．０よりも余裕分だけ小さい値に当量比を調整することが望ましい。図２および図３に示すシミュレーションでは、空気中のオゾン濃度をゼロにしているが、オゾン濃度を大きくするほど冷炎反応の開始時期が早くなる。

【００３８】

50

ＥＣＵ８０が備えるマイコン８１は、プログラムを記憶する記憶装置と、記憶されたプログラムにしたがって演算処理を実行する中央演算処理装置と、を備える。ＥＣＵ８０は、各種センサの検出値に基づき内燃機関１０の作動を制御する。上記各種センサの具体例として、アクセルペダルセンサ９１、機関回転速度センサ９２、スロットル開度センサ９３、吸気圧センサ９４、吸気量センサ９５、排気温度センサ９６等が挙げられる。

【００３９】

アクセルペダルセンサ９１は、ユーザのアクセルペダル踏込量を検出する。機関回転速度センサ９２は、内燃機関１０の出力軸１０ａの回転速度（エンジン回転数）を検出する。スロットル開度センサ９３はスロットルバルブ１３の開度を検出する。吸気圧センサ９４は、吸気通路１０ｉｎのうちスロットルバルブ１３の下流側の圧力を検出する。吸気量センサ９５は吸気の質量流量を検出する。

10

【００４０】

概略、ＥＣＵ８０は、出力軸１０ａの回転速度および内燃機関１０の負荷に応じて、図示しない燃料噴射弁から噴射される燃焼用燃料の噴射量および噴射時期を制御する。さらにＥＣＵ８０は、排気温度センサ９６により検出された排気温度に基づき、改質装置Ａ１の作動を制御する。すなわち、マイコン８１は、図４に示す手順のプログラムを所定周期で繰り返し実行することで、改質燃料の生成とオゾンの生成を切り替えるように制御する。上記プログラムは、イグニッションスイッチがオン操作されたことをトリガとして始動し、内燃機関１０の運転期間中は常時実行される。

【００４１】

20

まず、図４のステップＳ１０において、内燃機関１０が運転中であるか否かを判定する。運転中ではないと判定されれば、ステップＳ１５において還元剤添加装置の作動を停止させる。具体的には、放電リアクタ２０、エアポンプ２０ｐ、燃料噴射弁４０、およびヒータ５０への通電が為されていた場合、それらの通電を停止させる。一方、内燃機関１０が運転中であると判定されれば、ＮＯｘ浄化装置１５が有する還元触媒の温度（ＮＯｘ触媒温度）に応じて還元剤添加装置を作動させる。

【００４２】

具体的には、まずステップＳ１１において、予め設定されている電力量でエアポンプ２０ｐを作動させる。続くステップＳ１２では、ＮＯｘ触媒温度が還元触媒の活性化温度Ｔ１（例えば２５０）未満であるか否かを判定する。ＮＯｘ触媒温度は、排気温度センサ

30

【００４３】

ＮＯｘ触媒温度が活性化温度Ｔ１未満であると判定された場合には、次のステップＳ１３において、オゾン生成制御のサブルーチン処理を実施する。すなわち、予め設定されている電力量で放電リアクタ２０の電極２１へ通電して放電を生じさせる。また、ヒータ５０への通電を停止させるとともに、燃料噴射弁４０への通電を停止させて燃料噴射を停止させる。

【００４４】

上述したオゾン生成制御によれば、放電リアクタ２０でオゾンが生成され、生成されたオゾンは、反応室３０ａおよび供給管３２を通じて排気通路１０ｅｘへ添加される。ここで、ヒータ５０への通電を実施していると、オゾンは加熱されて崩壊する。また、燃料噴射を実施していると、オゾンは燃料と反応してしまう。これらの点を鑑み、上述したオゾン生成制御では、ヒータ５０による加熱を停止させ、かつ、燃料噴射を停止させている。そのため、オゾンが燃料と反応することや加熱崩壊を回避できるので、生成したオゾンがそのまま排気通路１０ｅｘへ添加されることとなる。

40

【００４５】

図４の説明に戻り、ＮＯｘ触媒温度が活性化温度Ｔ１以上であると判定された場合には、次のステップＳ１４において、図１４に示す改質燃料生成制御のサブルーチン処理を実施する。

50

【 0 0 4 6 】

図 5 の処理の概略を図中の一点鎖線にしたがって説明すると、先ずステップ S 3 0 において、ヒータ 5 0 の作動を制御して、反応容器 3 0 内の温度を所定の温度範囲に調整する。次に、ステップ S 4 0 において、燃料噴射弁 4 0 の作動を制御して、N O x 浄化装置 1 5 で要求される還元剤量に応じた燃料を噴射する。次に、ステップ S 5 0 において、エアポンプ 2 0 p の作動を制御して、反応容器 3 0 内へ供給される燃料と空気の比率である当量比を所定の当量比範囲に調整する。上記温度範囲および当量比範囲は、先述した 2 段酸化反応領域の範囲である。したがって、冷炎反応を生じさせて改質燃料が生成される。

【 0 0 4 7 】

さらに、ステップ S 6 0 において、反応容器 3 0 内での燃料の濃度に応じて、放電リアクタ 2 0 への供給電力を制御する。これにより、オゾンが生成され、そのオゾンが反応容器 3 0 内に供給されるので、冷炎反応の開始時期の早期化と冷炎反応時間の短縮化が図られる。よって、反応容器 3 0 内での燃料の滞留時間が短くなるように反応容器 3 0 を小型化しても、上記滞留時間内に冷炎反応が完了するようにできる。よって、反応容器 3 0 の小型化を図ることができる。

【 0 0 4 8 】

なお、ステップ S 3 0 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は「温度調整手段」を提供する。ステップ S 4 0 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は「燃料噴射量制御手段」を提供する。ステップ S 5 0 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は「当量比調整手段」を提供する。ステップ S 6 0 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は「放電電力制御手段」を提供する。

【 0 0 4 9 】

以下、これらのステップ S 3 0、S 4 0、S 5 0、S 6 0 の詳細について、図 5 を用いて説明する。

【 0 0 5 0 】

先ず、温度調整手段に係るステップ S 3 0 の処理について説明する。先ずステップ S 3 1 において、還元剤添加装置内の温度、つまり反応容器 3 0 内の温度を取得する。具体的には、温度センサ 3 1 による検出温度 T a c t を取得する。続くステップ S 3 2 では、予め設定しておいた目標温度 T t r g と検出温度 T a c t との差分 ΔT に基づき、検出温度 T a c t が目標温度 T t r g に一致するようヒータ 5 0 による加熱量を調整する。

【 0 0 5 1 】

具体的には、ヒータ 5 0 への通電デューティ比を差分 ΔT に応じて調整する。ステップ S 3 2 で用いる目標温度 T t r g は、先述した 2 段酸化反応領域のうち、当量比が最大となる雰囲気温度（例えば 3 7 0 ）に設定されている。なお、反応室 3 0 a の温度は冷炎反応により上昇するので、ヒータ 5 0 自体の温度は、冷炎反応による温度上昇分だけ目標温度 T t r g よりも低い値に制御されることとなる。

【 0 0 5 2 】

次に、燃料噴射量制御手段に係るステップ S 4 0 の処理について説明する。先ずステップ S 4 1 において、N O x 浄化装置 1 5 へ流入した N O x の全てを還元するのに必要な燃料を、過不足なく N O x 浄化装置 1 5 へ供給するための値を、目標燃料流量 F t r g として設定する。上記目標燃料流量 F t r g とは、単位時間あたりに N O x 浄化装置 1 5 へ供給する燃料の質量である。

【 0 0 5 3 】

具体的には、以下に説明する N O x 流入流量および N O x 触媒温度に基づき、目標燃料流量 F t r g を設定する。上記 N O x 流入流量とは、単位時間あたりに N O x 浄化装置 1 5 へ流入する N O x の質量である。例えば、内燃機関 1 0 の運転状態に基づき、N O x 流入流量を推定できる。上記 N O x 触媒温度とは、N O x 浄化装置 1 5 が有する還元触媒の温度のことである。例えば、排気温度センサ 9 6 により検出された温度に基づき、N O x 触媒温度を推定できる。

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

そして、 NO_x 流入流量が多いほど、目標燃料流量 F_{trg} を増大させる。また、 NO_x 触媒温度に応じて還元触媒上で NO_x が還元される量（還元力）が異なってくるので、 NO_x 触媒温度による還元力の違いに応じて目標燃料流量 F_{trg} を設定する。例えば、 NO_x 流入流量および NO_x 触媒温度に対する、目標燃料流量 F_{trg} の最適値を表したマップを予めマイコン 81 に記憶させておく。そして、 NO_x 流入流量および NO_x 触媒温度に基づき、上記マップを参照して目標燃料流量 F_{trg} を設定する。

【0055】

続くステップ S42 では、ステップ S41 で設定した目標燃料流量 F_{trg} に基づき、燃料噴射弁 40 の作動を制御して燃料噴射を実施する。具体的には、目標燃料流量 F_{trg} が大きいほど燃料噴射弁 40 の開弁時間を長くして、1 回の開弁により噴射される燃料の量を多くする。したがって、目標燃料流量 F_{trg} が「目標噴射量」に相当する。

10

【0056】

次に、当量比調整手段に係るステップ S50 の処理について説明する。先ずステップ S51 において、検出温度 T_{act} に対応する、冷炎反応を生じさせる目標当量比 ϕ_{trg} を算出する。具体的には、2 段酸化反応領域における当量比の最大値 ϕ_{max} であって、雰囲気温度に対応する当量比の最大値 ϕ_{max} を、目標当量比 ϕ_{trg} としてマイコン 81 に記憶させておく。例えば、雰囲気温度に対応する目標当量比 ϕ_{trg} の値をマップ化して記憶させておく。そして、検出温度 T_{act} に対応する目標当量比 ϕ_{trg} を、マップを参照して算出する。

【0057】

20

続くステップ S52 では、ステップ S51 で設定した目標当量比 ϕ_{trg} 、およびステップ S42 で設定した目標燃料流量 F_{trg} に基づき、目標空気流量 A_{trg} を算出する。具体的には、 $\phi_{trg} = F_{trg} / A_{trg}$ となるように目標空気流量 A_{trg} を算出する。続くステップ S53 では、ステップ S52 で算出した目標空気流量 A_{trg} に基づき、エアポンプ 20p の作動を制御する。具体的には、目標空気流量 A_{trg} が大きいほど、エアポンプ 20p への通電デューティ比を増大させる。

【0058】

次に、放電電力制御手段に係るステップ S60 の処理について説明する。先ずステップ S61 において、ステップ S41 で設定した目標燃料流量 F_{trg} に基づき、目標オゾン流量 O_{trg} を算出する。具体的には、反応室 30a におけるオゾン濃度の燃料濃度に対する比率が所定値（例えば 0.2）となるように、目標オゾン流量 O_{trg} を算出する。例えば、所定時間（例えば 0.02 秒）内に冷炎反応を完了させるよう、上記比率を設定する。

30

【0059】

続くステップ S62 では、ステップ S52 で算出した目標空気流量 A_{trg} 、およびステップ S61 で算出した目標オゾン流量 O_{trg} に基づき、放電リアクタ 20 への目標通電量 P_{trg} を算出する。つまり、放電リアクタ 20 への通電電力を目標通電量 P_{trg} にしたがって制御することで、オゾンの生成量を目標生成量に制御する。

【0060】

具体的には、目標空気流量 A_{trg} が多いほど、電極間通路 21a での空気の滞留時間が短くなるので、目標通電量 P_{trg} を大きくする。また、目標オゾン流量 O_{trg} が多いほど、目標通電量 P_{trg} を大きくする。続くステップ S63 では、ステップ S62 で算出した目標通電量 P_{trg} に基づき、放電リアクタ 20 への通電量を制御する。具体的には、目標通電量 P_{trg} が大きいほど、放電リアクタ 20 への通電デューティ比を増大させる。

40

【0061】

さて、以上に説明した図 5 の処理にしたがい、目標温度 T_{trg} 、目標燃料流量 F_{trg} 、目標空気流量 A_{trg} および目標通電量 P_{trg} の 4 つを制御パラメータとして、マイコン 81 は改質装置 A1 の作動を制御する。しかしながら、燃料タンク 40t から燃料噴射弁 40 へ供給される燃料の性状の違いが、改質後の燃料の還元力に大きな影響を与え

50

る。そのため、燃料性状に応じて制御パラメータの最適値も変化する。そこで本実施形態では、燃料性状を推定し、その推定結果に応じて制御パラメータを変更させて、改質装置 A 1 の作動を制御する。

【 0 0 6 2 】

図 6 および図 7 の横軸は、冷炎反応により生成される改質燃料の種類を示し、図中の右側であるほど改質燃料に含まれる炭素原子数が多くなる。図 6 および図 7 の縦軸は、各々の改質燃料が生成されるモル分率を示す。図示されるように、反応室 3 0 a へ供給する燃料の性状が、炭素原子数の多い燃料であるほど、冷炎反応により生成される改質燃料に含まれる炭素原子数も多くなる（図 7 中の点線参照）。そして、このように炭素原子数の多い改質燃料は、NOx 触媒上における還元力が弱い。

10

【 0 0 6 3 】

しかも、図 8 に示すように、炭素原子数の多い燃料であるほど、改質燃料のモル分率が少なく、還元剤のモル数が少なくなる。そのため、炭素原子数の多い燃料性状であるほど、浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更させるよう、図 9 の手順にしたがってマイコン 8 1 は改質装置 A 1 を制御している。

【 0 0 6 4 】

すなわち、先ず図 9 のステップ S 7 0 において、燃料性状と相関のある物理量を、性状指数として取得する。本実施形態では、NOx 浄化装置 1 5 による NOx 浄化率を性状指数として取得する。NOx 浄化率とは、NOx 浄化装置 1 5 へ流入する NOx 量に対する、NOx 浄化装置 1 5 で還元された NOx 量の割合である。燃料性状が還元に適していないほど NOx 浄化率は低下する、といった相関がある。

20

【 0 0 6 5 】

より詳細に説明すると、排気通路 1 0 e x のうち NOx 浄化装置 1 5 の下流側に取り付けられた NOx センサ 9 7 により、NOx 浄化装置 1 5 で還元されなかった触媒流出 NOx 量を検出する。一方、内燃機関 1 0 の運転状態に基づき、内燃機関 1 0 から排出され、NOx 浄化装置 1 5 へ流入した触媒流入 NOx 量を推定する。そして、触媒流入 NOx 量に対する触媒流出 NOx 量の割合を、NOx 浄化率として算出する。

【 0 0 6 6 】

続くステップ S 7 1 では、ステップ S 7 0 で取得した性状指数（NOx 浄化率）が正常範囲内であるか否かを判定する。例えば、予め設定しておいた下限値よりも NOx 浄化率が小さい場合には、NOx 浄化装置 1 5 や改質装置 A 1 等に異常が生じているとみなす。そして、ステップ S 7 5 にて異常フラグをオンに設定し、異常発生の旨をユーザに報知する。

30

【 0 0 6 7 】

一方、ステップ S 7 0 で取得した性状指数が正常範囲内であれば、続くステップ S 7 2 にて改質装置 A 1 の制御パラメータを、性状指数に応じて変更する。例えば、図 1 0 に示すように、NOx 浄化率が低いほど、燃料性状は還元に適しておらず、還元力が弱いといえる。したがって、NOx 浄化率が低いほど、浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更させる。本実施形態では、目標燃料流量 F_{trg} を制御パラメータとして変更させている。

40

【 0 0 6 8 】

すなわち、図 1 1 に示すように、燃料性状が還元に適していないものであるほど、還元剤量を多くするように目標燃料流量 F_{trg} を補正する。具体的には、NOx 浄化率に対する目標燃料流量 F_{trg} （還元剤量）の補正量を、図 1 2 に示すようにマップ化して予め記憶させておく。そして、ステップ S 7 0 で取得した NOx 浄化率（性状指数）に対応する目標燃料流量 F_{trg} の補正量を、図 1 2 に示すマップを参照して算出し、その補正量で目標燃料流量 F_{trg} を補正する。これにより、図 5 のステップ S 4 1 で設定した目標燃料流量 F_{trg} が補正され、図 5 のステップ S 4 2 では補正後の目標燃料流量 F_{trg} に基づき燃料噴射弁 4 0 の作動を制御する。

【 0 0 6 9 】

50

図 9 の説明に戻り、ステップ S 7 3 では、ステップ S 7 2 により補正された後の制御パラメータを学習する。具体的には、図 5 のステップ S 4 1 にて目標燃料流量 F_{trg} の算出に用いたマップを書き換えて更新する。つまり、 NO_x 流入流量および NO_x 触媒温度に対する、目標燃料流量 F_{trg} の最適値を、ステップ S 7 2 による補正後の目標燃料流量 F_{trg} に書き換える。内燃機関 10 を次回運転する際にも、燃料性状は今回と同じである蓋然性が高いので、このように目標燃料流量 F_{trg} を学習することで、次回運転時には、燃料性状に応じた燃料噴射量にすることを速やかにできる。

【 0 0 7 0 】

そして、ステップ S 7 2 にて制御パラメータを補正したにも拘らず、 NO_x 浄化率（性状指数）の改善が所定時間以上現れないとステップ S 7 4 にて判定された場合には、先述したステップ S 7 5 に進み、異常フラグをオンに設定する。

10

【 0 0 7 1 】

なお、ステップ S 7 0 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は、性状指数を取得する「取得手段」を提供する。ステップ S 7 2 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は、性状指数に応じて改質装置 A 1 の作動を制御する「性状指数制御手段」を提供する。ステップ S 7 1 の処理を実行している時のマイコン 8 1 は、性状指数が、予め設定しておいた正常範囲を超えた値である場合に、改質装置 A 1 または NO_x 浄化装置 15 に異常が生じていると判定する「異常判定手段」を提供する。

【 0 0 7 2 】

以上に説明した通り、本実施形態に係る還元剤添加装置は、 NO_x 浄化率を性状指数として取得し、取得した NO_x 浄化率に応じて改質装置 A 1 の制御内容、つまり燃料噴射弁 40 からの燃料噴射量を変更する。

20

【 0 0 7 3 】

具体的には、性状指数が低く還元に適していない燃料が供給された場合には、目標燃料流量 F_{trg} （制御パラメータ）を増大させるように補正する。そのため、排気通路 10 ex に添加される還元剤の量が増大し、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。一方、性状指数が高い場合には目標燃料流量 F_{trg} を減少させるように補正する。よって、排気通路 10 ex に添加される還元剤の量が過剰になることが回避される。以上により、燃料性状の違いに起因して還元剤の過不足が生じることを抑制できる。

30

【 0 0 7 4 】

さらに本実施形態では、改質装置 A 1 に対する複数の制御パラメータのうち、目標燃料流量 F_{trg} を性状指数に応じて変更している。そのため、燃料性状の違いに応じて還元剤の添加量が制御されるので、燃料性状に応じた還元剤の添加量にすることを精度よく実現できる。

【 0 0 7 5 】

さらに本実施形態では、 NO_x 浄化率を性状指数として取得し、 NO_x 浄化率が低いほど、生成された改質燃料の還元力が弱いとみなして、 NO_x 浄化装置 15 による NO_x 浄化率を増大させるように改質装置 A 1 の作動を制御する。そして、 NO_x 浄化率と燃料性状との相関は高いので、本実施形態によれば、燃料性状の違いを、改質装置 A 1 の制御へ精度よく高応答で反映させることができる。

40

【 0 0 7 6 】

さらに本実施形態では、図 9 のステップ S 7 0 において、性状指数としての NO_x 浄化率が正常範囲を超えた値である場合に、改質装置 A 1 に異常が生じていると判定する。さて、性状指数が正常範囲を超えている場合には、燃料性状が粗悪である可能性よりも改質装置 A 1 の異常が原因である可能性の方が高い。そのため、本実施形態によれば、改質装置 A 1 の異常を検知できる。

【 0 0 7 7 】

さらに本実施形態では、改質装置 A 1 は、空気中の酸素により燃料を酸化反応させる反応容器 30 を備える。そして、冷炎反応が生じるように反応容器 30 内の温度および当量

50

比が調整され、冷炎反応により部分的に酸化された燃料（改質燃料）を、 NO_x 浄化用の還元剤として排気通路 10ex に添加する。そのため、部分酸化されていない燃料を還元剤としてそのまま用いる場合に比べて、 NO_x 浄化率を向上させることができる。

【0078】

さらに本実施形態では、放電リアクタ 20 を備え、冷炎反応を生じさせる時には、放電リアクタ 20 により生成されたオゾン反応容器 30 へ供給する。そのため、冷炎反応の開始時期の早期化と、冷炎反応時間の短縮化を図ることができる。よって、反応容器 30 内での燃料の滞留時間が短くなるように反応容器 30 を小型化しても、上記滞留時間内に冷炎反応が完了するようにできる。よって、反応容器 30 の小型化を図ることができる。

【0079】

さらに本実施形態では、図 5 のステップ S60 の処理により、反応室 30a での燃料の濃度に応じて、放電に用いる電力を制御する。例えば、オゾン濃度の燃料濃度に対する比率が所定値（例えば 0.2）となるように目標オゾン流量 O_{trg} を算出して、放電電力を制御する。そのため、燃料濃度に対するオゾン濃度の過不足量を少なくして、オゾンによる冷炎反応開始の早期化と、放電リアクタ 20 に対する省電力化を図ることができる。

【0080】

さらに本実施形態では、還元触媒が活性化温度 T_1 未満である場合には、燃料噴射弁 40 による燃料噴射を停止させつつ、放電リアクタ 20 により生成されたオゾン反応室 30a へ供給させることで、排気通路 10ex へオゾン添加する。これによれば、 NO_x 浄化装置 15 の還元触媒が活性化していないにも拘わらず、還元剤としての改質燃料を添加することを防止できる。そして、オゾンの添加により、排気中の NO を NO_2 に酸化させて NO_x 浄化触媒に吸着させるので、 NO_x 浄化装置 15 への NO_x 吸着量を増大できる。

【0081】

さらに本実施形態では、燃料を加熱するヒータ 50 と、反応室 30a の温度（雰囲気温度）を検出する温度センサ 31 とを備える。そして、図 5 のステップ S30 による温度調整手段は、温度センサ 31 により検出された温度に応じてヒータ 50 の作動を制御することで、反応室 30a の温度を所定の温度範囲に調整する。これによれば、反応室 30a の温度が温度センサ 31 により直接検出される。また、反応室 30a の燃料がヒータ 50 により直接加熱される。そのため、反応室 30a の温度を所定の温度範囲に調整することを精度良く実現できる。

【0082】

ここで、冷炎反応が生じる当量比範囲は温度に応じて異なる。この点を鑑みた本実施形態では、図 5 のステップ S50 による当量比調整手段は、検出温度 T_{act} に応じて目標当量比 ϕ_{trg} を変更する。そのため、検出温度 T_{act} が目標温度 T_{trg} からずれている場合であっても、実際の反応室 30a の温度に応じた当量比に調整されるので、冷炎反応を確実に生じさせるようにできる。

【0083】

さらに本実施形態では、図 5 のステップ S40（燃料噴射量制御手段）において、 NO_x 浄化装置 15 にて要求される還元剤の流量に基づき目標燃料流量 F_{trg} を設定する。そして、ステップ S50（当量比調整手段）において、当量比が所定の当量比範囲となるよう、目標燃料流量 F_{trg} に基づき目標空気流量 A_{trg} を設定する。そのため、 NO_x 浄化装置 15 にて要求される還元剤の流量を満たしつつ、当量比を所定の当量比範囲に調整できる。

【0084】

（第 2 実施形態）

上記第 1 実施形態では、燃料性状に応じて目標燃料流量 F_{trg} （制御パラメータ）を補正することで、排気通路 10ex へ添加する還元剤の量を燃料性状に応じて変更している。これに対し本実施形態では、燃料性状に応じてヒータ 50 の目標温度 T_{trg} （制御パラメータ）を補正することで、反応室 30a の温度を燃料性状に応じて変更している。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

すなわち、図 1 3 に示すように、燃料性状が還元に適していないものであるほど、ヒータ温度を高くするように目標温度 T_{trg} を補正する。そのため、反応室 3 0 a の温度が高くなり、図 2 に示すように冷炎反応の開始時期が早くなる。すると、燃料が反応室 3 0 a で酸化されずに排気通路 1 0 e x へ流入する量が低減されるので、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。

【 0 0 8 6 】

(第 3 実施形態)

上記第 1、第 2 実施形態では、目標燃料流量 F_{trg} または目標温度 T_{trg} を燃料性状に応じて補正する。これに対し本実施形態では、放電リアクタ 2 0 の目標通電量 P_{trg} (制御パラメータ) を燃料性状に応じて補正することで、反応室 3 0 a へのオゾン添加量を燃料性状に応じて変更している。

10

【 0 0 8 7 】

すなわち、図 1 4 に示すように、燃料性状が還元に適していないものであるほど、オゾン添加量を多くするように目標温度 T_{trg} を補正する。そのため、反応室 3 0 a での反応が促進されるので、燃料が反応室 3 0 a で酸化されずに排気通路 1 0 e x へ流入する量が低減される。よって、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。

【 0 0 8 8 】

(第 4 実施形態)

上記第 1 実施形態では、 NO_x 浄化率を性状指数として取得している。これに対し本実施形態では、内燃機関 1 0 の燃焼室における発熱量を性状指数として取得している。具体的には、筒内圧センサにより検出された燃焼室内の圧力、および機関回転速度センサ 9 2 の検出値の変動量等に基づき、1 燃焼サイクルでの上記発熱量を推定する。そして、図 1 5 に示すように、推定した発熱量が小さいほど燃料性状が還元に適していないものであるとみなして、 NO_x 浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更する。

20

【 0 0 8 9 】

以上により、本実施形態によっても、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。また、本実施形態では発熱量を性状指数として取得するので、還元触媒が活性化温度 T_1 未満であり NO_x 浄化装置 1 5 が NO_x を浄化していない時であっても、性状指数を取得することができる。

30

【 0 0 9 0 】

さらに本実施形態では、反応室 3 0 a の温度を検出する温度センサ 3 1 を有し、その温度センサ 3 1 による検出温度が低いほど、反応発熱量が少ないとみなして改質装置の作動を変更する。具体的には、 NO_x 浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更する。これによれば、反応室 3 0 a の温度を直接検出するので、発熱量に応じた性状指数を高精度で取得できる。

【 0 0 9 1 】

(第 5 実施形態)

上記第 1、第 4 実施形態では、 NO_x 浄化率または発熱量を性状指数として取得している。これに対し本実施形態では、内燃機関 1 0 の燃焼室における着火遅れ時間を性状指数として取得している。具体的には、筒内圧センサにより検出された燃焼室内の圧力変化に基づき、燃焼室へ燃料を噴射してから自着火するまでの時間 (着火遅れ時間) を算出する。そして、図 1 6 に示すように、算出した着火遅れ時間が長いほど燃料性状が還元に適していないものであるとみなして、 NO_x 浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更する。

40

【 0 0 9 2 】

以上により、本実施形態によっても、燃料性状に起因して NO_x 浄化率が低下することを抑制できる。また、本実施形態では着火遅れ時間を性状指数として取得するので、還元触媒が活性化温度 T_1 未満であり NO_x 浄化装置 1 5 が NO_x を浄化していない時であっても、性状指数を取得することができる。

50

【 0 0 9 3 】

(第 6 実施形態)

上記第 5 実施形態では、着火遅れ時間を性状指数として取得している。これに対し本実施形態では、反応室 3 0 a の温度、つまり温度センサ 3 1 による検出温度を性状指数として取得している。そして、燃料が酸化される際の反応発熱量が少ないほど、反応室温度が低くなる。そこで、図 1 7 に示すように、反応室温度が低いほど、燃料性状が還元に適していないものであるとみなして、N O x 浄化率を増大させる側に制御パラメータを変更する。また、反応室温度が所定の正常範囲から外れている場合には、改質装置 A 1 が以上であると判定する。例えば、反応室温度が正常範囲よりも高い場合には、ヒータ 5 0 の故障により過剰に加熱されていたり、燃料噴射弁 4 0 の故障により過剰に燃料噴射されていたりする不具合が想定される。

10

【 0 0 9 4 】

以上により、本実施形態によっても、燃料性状に起因して N O x 浄化率が低下することを抑制できる。また、本実施形態では反応室温度を性状指数として取得しており、反応室温度は燃料性状との相関が高いので、高精度の性状指数を取得できるようになる。

【 0 0 9 5 】

(第 7 実施形態)

図 1 に示す実施形態では、エアポンプ 2 0 p により放電リアクタ 2 0 へ空気を供給している。これに対し、図 1 8 に示す本実施形態に係る還元剤添加装置では、内燃機関 1 0 の吸気の一部を分岐させて放電リアクタ 2 0 へ流入させる。

20

【 0 0 9 6 】

具体的には、吸気通路 1 0 i n のうちコンプレッサ 1 1 c の下流かつ冷却器 1 2 の上流部分と放電リアクタ 2 0 の流通路 2 2 a とは、分岐配管 3 6 h により接続されている。また、吸気通路 1 0 i n のうち冷却器 1 2 の下流部分と流通路 2 2 a とは、分岐配管 3 6 c により接続されている。分岐配管 3 6 h は、冷却器 1 2 により冷却される前の高温吸気を放電リアクタ 2 0 へ供給する。分岐配管 3 6 c は、冷却器 1 2 により冷却された後の低温吸気を放電リアクタ 2 0 へ供給する。

【 0 0 9 7 】

これらの分岐配管 3 6 h 、 3 6 c には、内部通路を開閉する電磁バルブ 3 6 が取り付けられている。電磁バルブ 3 6 の作動はマイコン 8 1 により制御される。分岐配管 3 6 h を開けて分岐配管 3 6 c を閉じるように電磁バルブ 3 6 が作動すると、高温吸気が放電リアクタ 2 0 へ流入する。分岐配管 3 6 c を開けて分岐配管 3 6 h を閉じるように電磁バルブ 3 6 が作動すると、低温吸気が放電リアクタ 2 0 へ流入する。

30

【 0 0 9 8 】

電磁バルブ 3 6 の作動により、冷却器 1 2 の上流部分から冷却器 1 2 により冷却される前の高温吸気を分岐させるモードと、冷却器 1 2 の下流部分から冷却器 1 2 により冷却された後の低温吸気を分岐させるモードとが切り替えられる。この場合、オゾン生成時には低温吸気を分岐させるモードにして、生成したオゾンが吸気の熱で破壊されることの抑制を図る。また、オゾン非生成時には高温吸気を分岐させるモードにして、ヒータ 5 0 により加熱された燃料が、反応室内で吸気により冷却されることの抑制を図る。また、電磁バルブ 3 6 の開度を制御することで、過給機 1 1 により過給された吸気の一部を放電リアクタ 2 0 へ供給する量を制御する。

40

【 0 0 9 9 】

なお、電磁バルブ 3 6 を開弁させている期間中は、分岐配管 3 6 h 、 3 6 c により吸気の一部が分岐して流れる分だけ、内燃機関 1 0 の燃焼室に流入する吸気量が少なくなる。そのため、マイコン 8 1 は、電磁バルブ 3 6 の開弁期間中には分岐して流れる分だけ吸気量を増大させるように、スロットルバルブ 1 3 の開度、もしくはコンプレッサ 1 1 c による過給量を補正する。

【 0 1 0 0 】

以上により、本実施形態に係る改質装置 A 2 は電磁バルブ 3 6 を備え、電磁バルブ 3 6

50

を開弁させることにより、過給機 11 により過給された吸気の一部を放電リアクタ 20 へ供給する。そのため、図 1 に示すエアポンプ 20p を用いることなく、酸素を含んだ空気を放電リアクタ 20 へ供給することが可能になる。

【0101】

(第8実施形態)

図 1 に示す改質装置 A1 は、放電リアクタ 20 によりオゾンを生成し、生成したオゾン
を反応室 30a へ添加することで、燃料の酸化反応を促進させている。これに対し本実施
形態に係る改質装置 A3 は、図 19 に示すように、放電リアクタ 20 を廃止し、反応室 3
0 a へのオゾン添加を廃止している。このように、放電リアクタ 20 を廃止した改質装置
A3 であっても、性状指数に応じて制御パラメータを変更させれば、燃料性状に起因して
NOx 浄化率が低下することを抑制できる。

10

【0102】

(第9実施形態)

図 1 に示す改質装置 A1 は、反応室 30a の空気流れ上流側に放電リアクタ 20 を配置
している。これに対し、本実施形態に係る改質装置 A4 は、図 20 に示すように、反応室
30a の空気流れ下流側に放電リアクタ 20 を配置している。この改質装置 A4 では、反
応室 30a で生じる燃料の酸化反応は極一部であり、酸化反応の大半は放電リアクタ 20
の電極間通路 21a で生じるように構成されている。電極間通路 21a では、空気中の酸
素分子が電離し、電離した活性酸素原子が存在する環境下で燃料を酸化反応させる。これ
により、放電リアクタ 20 において、燃料の一部が酸化されて改質燃料が生成される。こ
のように、放電リアクタ 20 で燃料を改質させる改質装置 A4 であっても、性状指数に
応じて制御パラメータを変更させれば、燃料性状に起因して NOx 浄化率が低下するこ
を抑制できる。

20

【0103】

(他の実施形態)

以上、発明の好ましい実施形態について説明したが、発明は上述した実施形態に何ら制
限されることなく、以下に例示するように種々変形して実施することが可能である。各実
施形態で具体的に組合せが可能であることを明示している部分同士の組合せばかりではな
く、特に組合せに支障が生じなければ、明示してなくとも実施形態同士を部分的に組み合
せることも可能である。

30

【0104】

上記各実施形態では、目標温度 T_{trg} 、目標燃料流量 F_{trg} 、目標空気流量 A_{trg}
および目標通電量 P_{trg} の制御パラメータのいずれか 1 つを、性状指数に応じて変更
している。これに対し、複数の制御パラメータを性状指数に応じて変更するようにしても
よい。

【0105】

図 1 に示す実施形態では、反応容器 30 の内部にヒータ 50 を配置しているが、反応容
器 30 の上流側で燃料または空気を加熱するよう、反応容器 30 の外部にヒータ 50 を配
置してもよい。また、図 1 に示す実施形態では、反応容器 30 の内部に温度センサ 31 を
配置しているが、反応容器 30 の下流に温度センサ 31 を配置してもよい。

40

【0106】

図 1 に示す実施形態では、液体燃料を微粒化して加熱手段へ供給する微粒化手段として
、燃料噴射弁 40 を採用している。これに対し、超音波等の高周波数で振動する振動板に
液体燃料を接触させることで、液体燃料を振動させて微粒化させる振動装置を、微粒化手
段として採用してもよい。

【0107】

図 15 に示す実施形態では、吸気通路 10in のうち、冷却器 12 の上流部分および下
流部分の 2 箇所から分岐配管 36h、36c により吸気を分岐させている。これに対し、
2 本の分岐配管 36h、36c のいずれか一方を廃止し、電磁バルブ 36 による先述した
モードの切り替えを廃止してもよい。

50

【 0 1 0 8 】

オゾンの生成および改質燃料の生成をともに停止させている完全停止の場合には、放電リアクタ 2 0 による放電を停止させて、無駄な電力消費の抑制を図るようにしてもよい。上記完全停止させるケースの具体例としては、 NO_x 触媒温度が活性化温度未満であり、かつ、 NO_x 吸着量が飽和状態になっているケースや、 NO_x 触媒温度が還元可能範囲を超えて高温になっているケースが挙げられる。また、上記完全停止の場合には、エアポンプ 2 0 p の作動を停止して空気の供給を停止させることで、電力消費の低減を図ってもよい。

【 0 1 0 9 】

図 1 に示す上記実施形態では、 NO_x を物理的に捕捉（つまり吸着）する還元触媒が採用されているが、 NO_x を化学的結合により捕捉（つまり吸蔵）する還元触媒が採用された燃焼システムに、還元剤添加装置を適用させてもよい。

10

【 0 1 1 0 】

内燃機関 1 0 が理論空燃比よりもリーンな状態で燃焼させている時に、 NO_x 浄化装置 1 5 が NO_x を吸着し、リーン燃焼以外の時に NO_x を還元させる燃焼システムに、還元剤添加装置を適用させてもよい。この場合、リーン燃焼時にはオゾンを生成し、リーン燃焼以外の時に改質燃料を生成させればよい。このようにリーン燃焼時に NO_x を捕捉する触媒の具体例としては、担体に担持された白金とバリウムによる吸蔵還元触媒が挙げられる。

【 0 1 1 1 】

20

吸着または吸蔵の機能を有しない NO_x 浄化装置 1 5 が採用された燃焼システムに、還元剤添加装置を適用させてもよい。この場合、 NO_x 浄化装置 1 5 には、リーン燃焼時に所定温度範囲で NO_x 還元性能を有する触媒として、鉄系、銅系等の触媒が考えられ、これらの触媒に還元剤として改質燃料を供給すれば良い。

【 0 1 1 2 】

上記第 1 実施形態では、図 1 2 のステップ S 1 2 で用いる NO_x 触媒温度を、排気温度センサ 9 6 により検出された排気温度から推定している。これに対し、 NO_x 浄化装置 1 5 に温度センサを取り付けて、 NO_x 触媒温度を直接計測してもよい。或いは、出力軸 1 0 a の回転速度および内燃機関 1 0 の負荷等に基づき、 NO_x 触媒温度を推定してもよい。

30

【 0 1 1 3 】

図 1 に示す実施形態では、放電リアクタ 2 0 は、平板形状の電極 2 1 を互いに平行に対向するように配置して構成されている。これに対し、放電リアクタは、針状に突出した形状の針状電極と、針状電極を環状に取り囲む環状電極とから構成されていてもよい。

【 0 1 1 4 】

図 1 に示す実施形態では、車両に搭載された燃焼システムに還元剤添加装置を適用させている。これに対し、定置式の燃焼システムに還元剤添加装置を適用させてもよい。図 1 に示す実施形態では、圧縮自着火式のディーゼルエンジンに還元剤添加装置を適用させており、燃焼用の燃料として用いる軽油を還元剤として用いている。これに対し、点火着火式のガソリンエンジンに還元剤添加装置を適用させて、燃焼用の燃料として用いるガソリンを還元剤として用いてもよい。

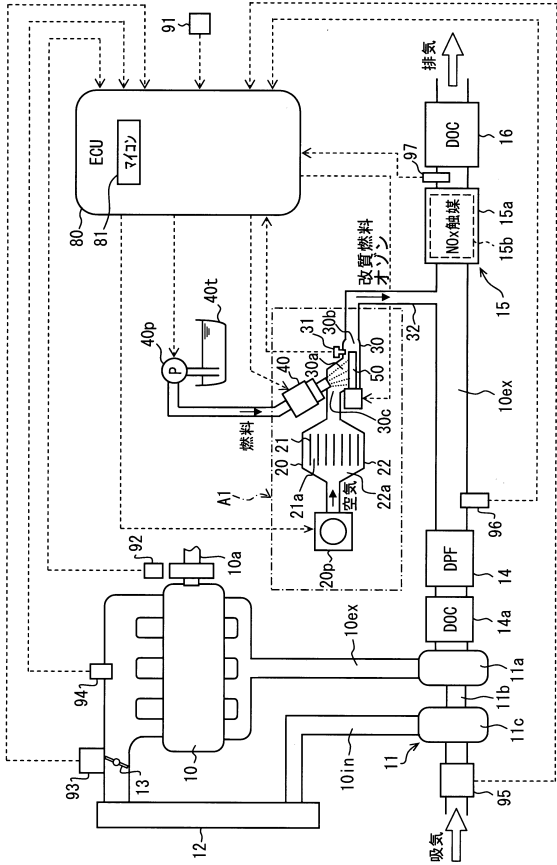
40

【 符号の説明 】

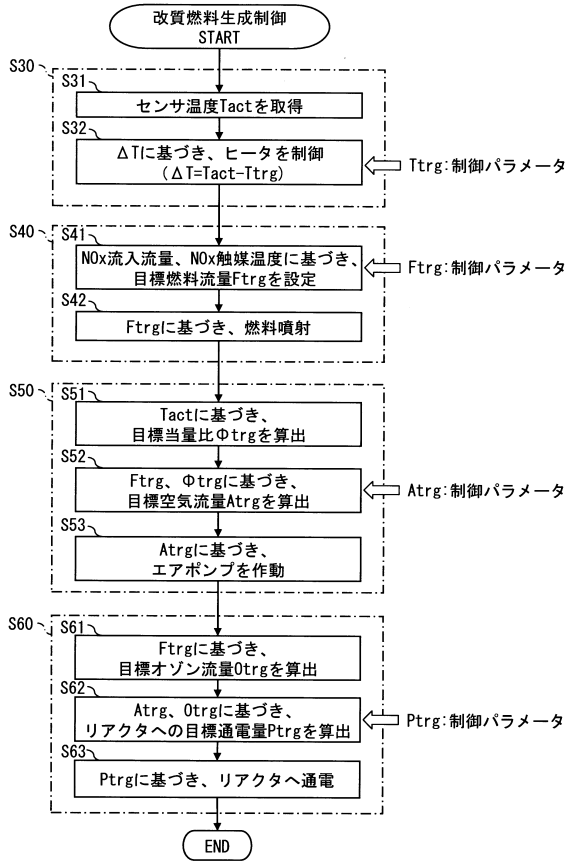
【 0 1 1 5 】

1 0 ... 内燃機関、1 0 e x ... 排気通路、1 5 ... NO_x 浄化装置、A 1、A 2、A 3、A 4 ... 改質装置、S 7 0 ... 取得手段、S 7 2 ... 制御手段。

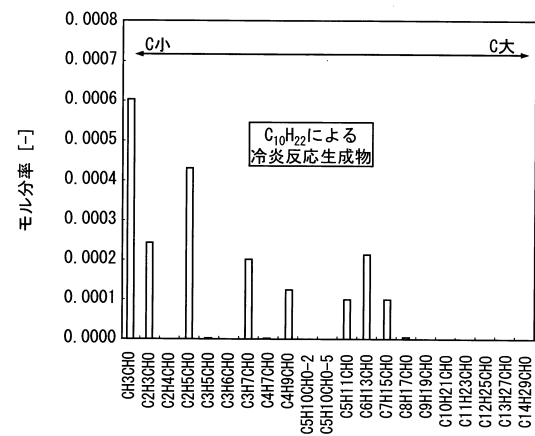
【図 1】



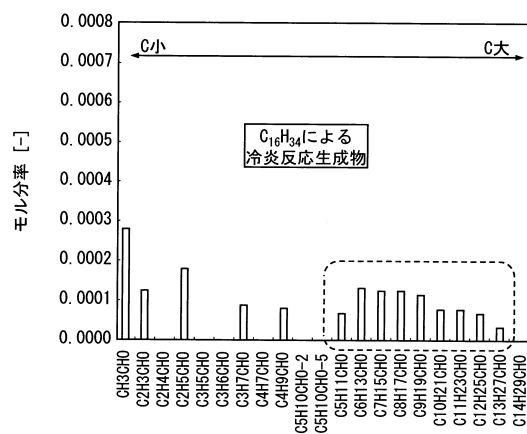
【図 5】



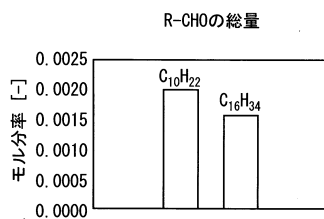
【図 6】



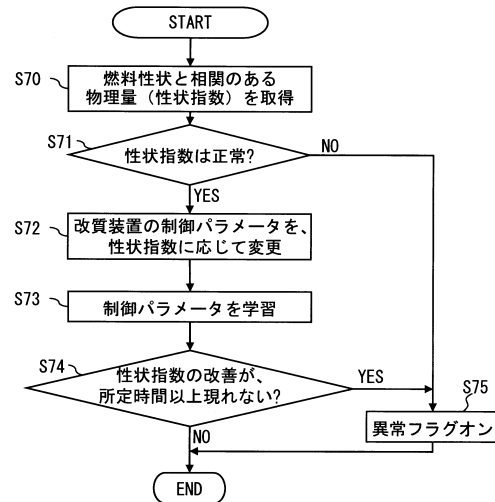
【図 7】



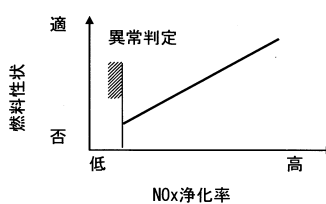
【図 8】



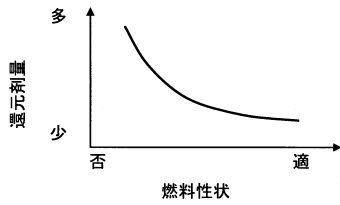
【図 9】



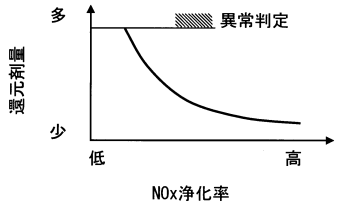
【図 10】



【 図 1 1 】

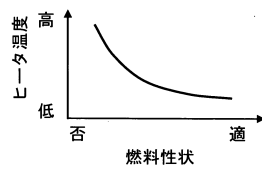


【 図 1 2 】



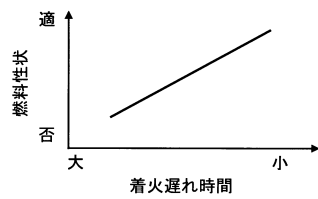
【 図 1 3 】

(第2実施形態)



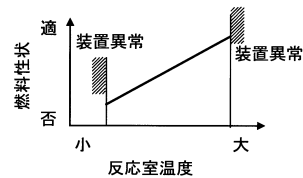
【 図 1 6 】

(第5実施形態)



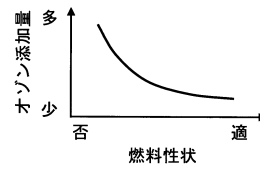
【 図 1 7 】

(第6実施形態)



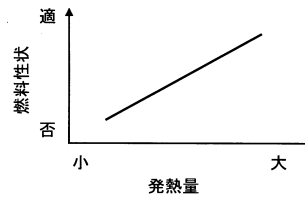
【 図 1 4 】

(第3実施形態)

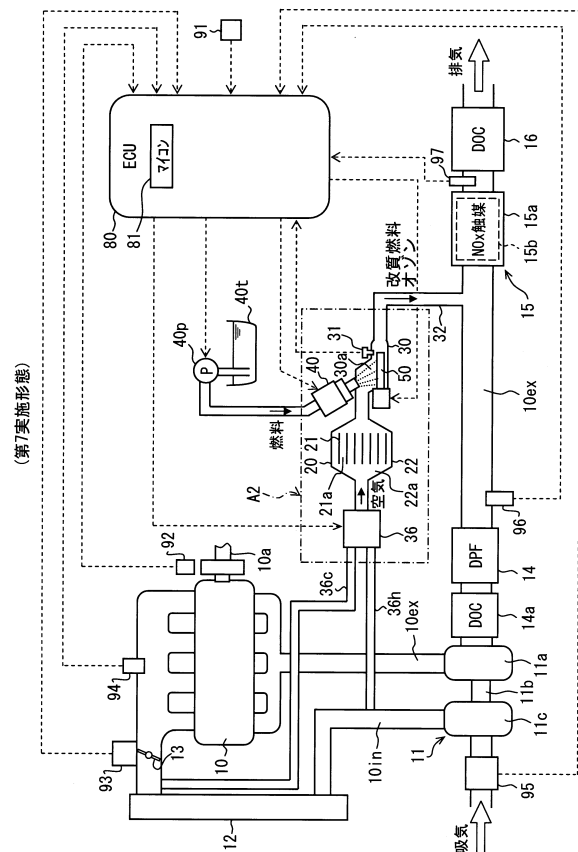


【 図 1 5 】

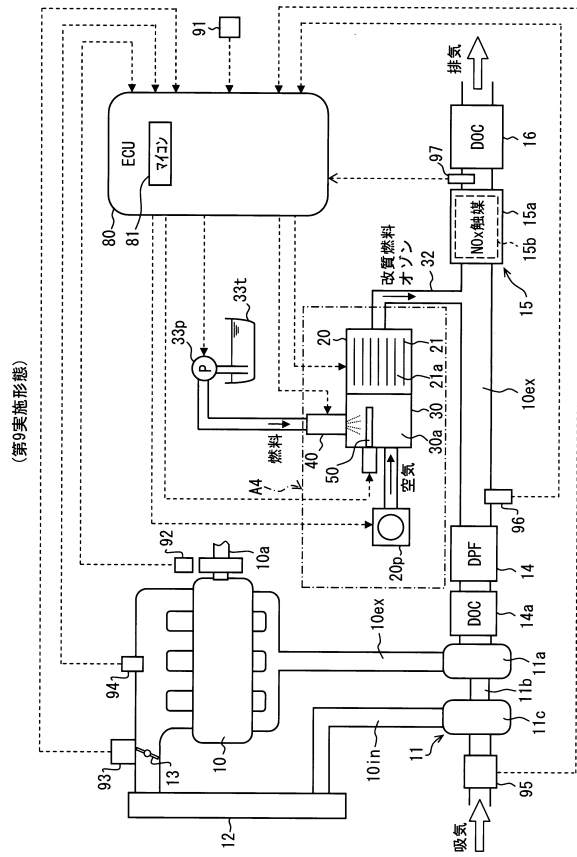
(第4実施形態)



【 図 1 8 】



【 図 2 0 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 0 1 D 53/86 2 2 2
B 0 1 D 53/94 2 2 2

(72)発明者 樽澤 祐季
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 野田 恵司
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72)発明者 細田 真央
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 石川 貴志

(56)参考文献 特開2011-149388(JP,A)
特開2006-194183(JP,A)
特開2005-090462(JP,A)
特開2005-127257(JP,A)
特開2007-177663(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 1 N 3 / 0 8
F 0 1 N 3 / 3 6
B 0 1 D 5 3 / 8 6
B 0 1 D 5 3 / 9 0
B 0 1 D 5 3 / 9 4
F 0 2 M 2 7 / 0 4
C 1 0 L 1 / 0 0