

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6015684号
(P6015684)

(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		
FO1N 3/36 (2006.01)	FO1N 3/36	D	
FO1N 3/08 (2006.01)	FO1N 3/08	B	
BO1D 53/86 (2006.01)	FO1N 3/08	D	
BO1D 53/94 (2006.01)	FO1N 3/36	B	
	FO1N 3/36	C	

請求項の数 6 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2014-15933 (P2014-15933)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成26年1月30日 (2014. 1. 30)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2015-140792 (P2015-140792A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	平成27年8月3日 (2015. 8. 3)	(74) 代理人	100106149
審査請求日	平成27年10月21日 (2015. 10. 21)		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	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
		(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

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（10）の排気に含まれるNOxを還元触媒上で浄化するNOx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、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燃料を酸化反応させる反応室（30a、30b）を内部に形成する反応容器（30）と、

前記反応室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当量比調整手段（S40）と、

前記反応室の温度を所定の温度範囲に調整する温度調整手段（S30）と、を備え、

前記当量比範囲および前記温度範囲は、前記反応室の燃料が空気中の酸素により部分的に酸化される冷炎反応が生じるように設定されており、

前記冷炎反応により部分的に酸化された燃料を前記還元剤として用いており、

前記当量比調整手段は、前記反応室の温度に応じて、前記当量比の目標値である目標当量比（trg）を変更することを特徴とする還元剤添加装置。

【請求項 2】

オゾンを生成するオゾン生成装置（20）を備え、

前記冷炎反応を生じさせる時には、前記オゾン生成装置により生成されたオゾンを実験室へ供給することを特徴とする請求項 1 に記載の還元剤添加装置。

【請求項 3】

前記オゾン生成装置は、空気への放電によりオゾンを生成するものであり、
前記反応室での燃料の濃度に応じて、前記放電に用いる電力を制御する放電電力制御手段（S50）を備え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】

前記還元触媒が活性化温度未満である場合には、前記反応室への燃料供給を停止させつつ、前記オゾン生成装置により生成されたオゾンを前記反応室へ供給させることで、前記排気通路のうち前記還元触媒の上流側へオゾンを添加することを特徴とする請求項2または3に記載の還元剤添加装置。

【請求項5】

前記反応室へ供給された燃料を加熱するヒータ（50）と、
前記反応室の温度を検出する温度センサ（31）と、を備え、
前記温度調整手段は、前記温度センサにより検出された温度に応じて前記ヒータの作動を制御することで、前記反応室の温度を所定の温度範囲に調整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】

前記当量比調整手段は、前記反応室へ供給される燃料の流量を制御する燃料流量制御手段（S44、S47）、および前記反応室へ供給される空気の流量を制御する空気流量制御手段（S41、S42、S43、S45、S46）を有し、

前記燃料流量制御手段は、前記反応室へ供給される燃料流量の目標値である目標燃料流量（Ftrg）を、前記NOx浄化装置にて要求される還元剤の流量に基づき設定し、

前記空気流量制御手段は、前記反応室へ供給される空気流量の目標値である目標空気流量（Atrg）を、前記当量比が前記所定の当量比範囲となるよう、前記目標燃料流量に基づき設定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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、NOx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NOx（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。但し、内燃機関を始動させた直後等、還元触媒が活性化温度に達していない場合には、還元触媒の温度が活性化温度にまで上昇するのを待って、燃料を添加している。

【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】

しかしながら、還元触媒が活性化温度に達している場合であっても、還元触媒が十分に温度上昇していない低温の状態であると、燃料によるNOxの還元作用が弱く、NOx浄化率を十分に得ることができない。

【0005】

本発明は、上記問題を鑑みてなされたもので、その目的は、NOx浄化率の向上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】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

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。

【 0 0 0 7 】

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。

【 0 0 0 8 】

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酸化反応させる反応室(30a、30b)を内部に形成する反応容器(30)と、反応室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当量比調整手段(S40)と、反応室の温度を所定の温度範囲に調整する温度調整手段(S30)と、を備える。そして、当量比範囲および温度範囲は、反応室の燃料が空気中の酸素により部分的に酸化される冷炎反応が生じるように設定されており、冷炎反応により部分的に酸化された燃料を還元剤として用いており、当量比調整手段は、反応室の温度に応じて、当量比の目標値である目標当量比(t_{rg})を変更することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

さて、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5参照)。

【 0 0 1 0 】

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、部分酸化されていない燃料を用いた場合に比べてNO_x浄化率が向上する。

【 0 0 1 1 】

そこで本発明者らは、冷炎反応により燃料をアルデヒド等に改質し、その改質燃料をNO_x浄化用の還元剤として用いることで、NO_x浄化率の向上を図ることを検討した。そして、雰囲気温度および当量比を所定範囲に調整すれば、熱炎反応の前に冷炎反応が生じるとの知見を得た。

【 0 0 1 2 】

この知見に基づき為された上記発明では、空気中の酸素により燃料を酸化反応させる反応室を内部に形成する反応容器を備える。そして、冷炎反応が生じるように反応室の温度および当量比が調整され、冷炎反応により部分的に酸化された燃料が、NO_x浄化用の還元剤として用いられる。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。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 3 】

【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】第1実施形態に係る還元剤添加装置を模式的に示す断面図。

【図3】第1実施形態に係る噴射弁の断面図であって、噴孔の断面形状を示す図。

【図4】第1実施形態において、ヒータ加熱面における燃料噴霧の投影範囲を模式的に示

10

20

30

40

50

す図。

【図 5】冷炎反応と熱炎反応の 2 段階で酸化反応が生じることを説明するグラフ。

【図 6】図 5 の冷炎反応の部分について横軸を拡大したグラフ。

【図 7】冷炎反応の反応経路を説明する図。

【図 8】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 9】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した結果を示すグラフ。

【図 10】オゾン濃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。

10

【図 11】初期温度および当量比の、2 段階酸化反応が生じる範囲を示す図。

【図 12】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 13】図 12 に示すオゾン生成制御に係る、サブルーチン処理の手順を示すフローチャート。

【図 14】図 12 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 15】本発明の第 2 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 16】本発明の第 3 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。

20

【発明を実施するための形態】

【0014】

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。

【0015】

(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 (DPF 14)、DPF 再生装置 (再生用 DOC 14a)、NOx 浄化装置 15、還元剤浄化装置 (浄化用 DOC 16) 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。

30

【0016】

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。コンプレッサ 11c は、内燃機関 10 の吸気通路 10in に配置され、吸気を圧縮して内燃機関 10 へ過給する。

40

【0017】

吸気通路 10in のうちコンプレッサ 11c の下流側には、コンプレッサ 11c で圧縮された吸気を冷却する冷却器 12 が配置されている。冷却器 12 により冷却された圧縮吸気は、スロットルバルブ 13 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 10 の複数の燃焼室へ分配される。

【0018】

排気通路 10ex のうちタービン 11a の下流側には、再生用 DOC 14a (Diesel Oxidation Catalyst)、DPF 14 (Diesel Particulate Filter)、NOx 浄化装置 15

50

、浄化用DOC16が順に配置されている。DPF14は、排気に含まれている微粒子を捕集する。再生用DOC14a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、DPF14で捕集された微粒子を燃焼させて、DPF14を再生させて捕集能力を維持させる。なお、再生用DOC14a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。

【0019】

排気通路10exのうちDPF14の下流側かつNOx浄化装置15の上流側には、還元剤添加装置の供給管32が接続されている。この供給管32から排気通路10ex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。

10

【0020】

NOx浄化装置15は、還元触媒を担持するハニカム状の担体15bと、担体15bを内部に收容するハウジング15aとを備える。NOx浄化装置15は、排気中のNOx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NOxを浄化する。なお、排気中にはNOx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NOxと選択的に反応する。

【0021】

還元触媒には、NOx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NOx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NOx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15bに担持された銀アルミナによる還元触媒により、NOx吸着機能を有したNOx浄化装置15が提供される。

20

【0022】

浄化用DOC16は、酸化触媒を担持する担体をハウジング内に收容して構成されている。浄化用DOC16は、還元触媒上にてNOx還元を用いられずにNOx浄化装置15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10ex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200）は、還元触媒の活性化温度（例えば250）よりも低い。

30

【0023】

次に、改質燃料を生成して供給管32から排気通路10ex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、以下に詳述する放電リアクタ20（オゾン生成装置）、エアポンプ20p、反応容器30、燃料噴射弁40およびヒータ50を備える。

【0024】

図2に示すように、放電リアクタ20は、内部に流路22aを形成するハウジング22を備え、流路22aには複数の電極21が配置されている。具体的には、電気絶縁部材23を介してハウジング22内に電極21が保持されている。これらの電極21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配置されている。電極21への電圧印加は、電子制御装置（ECU80）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。

40

【0025】

放電リアクタ20のハウジング22には、エアポンプ20pにより送風された空気が流入する。エアポンプ20p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20pにより送風された空気は、ハウジング22内の流路22aに流入し、電極21間の通路である電極間通路21aを流通する。

【0026】

放電リアクタ20の下流側には、燃料噴射室30aおよび気化室30bを内部に形成する反応容器30が取り付けられている。これらの燃料噴射室30aおよび気化室30bは、空気中の酸素により燃料を酸化反応させる「反応室」に相当する。反応容器30には、

50

電極間通路 2 1 a を流通した空気が流入する空気流入口 3 0 c が形成されている。空気流入口 3 0 c は燃料噴射室 3 0 a と連通し、燃料噴射室 3 0 a は開口部 3 0 d を通じて気化室 3 0 b と連通する。電極間通路 2 1 a を流通して空気流入口 3 0 c から流入した空気は、燃料噴射室 3 0 a および気化室 3 0 b を順に通過して、反応容器 3 0 に形成された噴出口 3 0 e から噴出する。噴出口 3 0 e は供給管 3 2 と連通する。

【 0 0 2 7 】

反応容器 3 0 には、燃料噴射弁 4 0 が取り付けられている。図 1 に示す燃料タンク 4 0 t 内の液体燃料は、ポンプ 4 0 p により燃料噴射弁 4 0 に供給され、燃料噴射弁 4 0 の噴孔 D 1、D 2、D 3、D 4 (図 3 参照) から燃料噴射室 3 0 a へ噴射される。燃料タンク 4 0 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 1 0 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 4 0 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 8 1 により制御される。

10

【 0 0 2 8 】

反応容器 3 0 には、ヒータ 5 0 が取り付けられている。ヒータ 5 0 は、通電により発熱する発熱体 (図示せず)、および発熱体を内部に收容する伝熱カバー 5 1 を備える。発熱体への通電状態はマイコン 8 1 により制御される。伝熱カバー 5 1 の外周面が加熱面 5 1 a に相当し、伝熱カバー 5 1 が発熱体により加熱されることで、加熱面 5 1 a は温度上昇する。伝熱カバー 5 1 は、水平方向に延びる有底円筒形状である。詳細には、還元剤添加装置を車両に搭載した状態において、伝熱カバー 5 1 は水平方向に延びる形状である。つまり、伝熱カバー 5 1 の中心線 C h (図 4 参照) は水平方向に延びる。

20

【 0 0 2 9 】

加熱面 5 1 a は、気化室 3 0 b に配置され、燃料噴射弁 4 0 から噴射された液体燃料を加熱する。ヒータ 5 0 により加熱された液体燃料は気化室 3 0 b 内で気化する。さらに、気化した燃料は、ヒータ 5 0 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。

【 0 0 3 0 】

燃料噴射弁 4 0 が備える噴孔プレート 4 1 に形成された複数の噴孔 D 1、D 2、D 3、D 4 (図 3 参照) は、伝熱カバー 5 1 の長手方向つまり中心線 C h の方向に、並べて配置されている。燃料噴射弁 4 0 の中心線 C i が延びる方向は、還元剤添加装置を車両に搭載した状態において鉛直の方向に対して傾いている。つまり、ヒータ 5 0 の中心線 C h と燃料噴射弁 4 0 の中心線 C i とは斜めに交差する。

30

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、噴孔 D 1 ~ D 4 はストレートに延びる形状である。噴孔 D 1 ~ D 4 の通路断面形状は円形であり、その通路断面積は一定である。噴孔 D 1 ~ D 4 の中心線 C 1、C 2、C 3、C 4 は、燃料噴射弁 4 0 の中心線 C i に対して傾いている。各々の噴孔 D 1 ~ D 4 から噴射された霧状の液体燃料である噴霧は、下流側に進むほど広がる円錐形状である。この噴霧の中心線は噴孔 D 1 ~ D 4 の中心線 C 1、C 2、C 3、C 4 と略一致する。

【 0 0 3 2 】

噴孔 D 1 ~ D 4 から噴射された噴霧は、開口部 3 0 d を通じて気化室 3 0 b へ流入し、加熱面 5 1 a に噴き付けられる。噴霧中心線 C 1、C 2、C 3、C 4 と加熱面 5 1 a との交差角度 (図 2 参照) は 9 0 度未満の鋭角である。交差角度 は、厳密には、加熱面 5 1 a の最上端部における水平面と噴霧中心線 C 1 ~ C 4 との角度である。複数の噴孔 D 1 ~ D 4 のうち空気流れの上流側に位置する噴孔ほど、噴霧の交差角度 が大きい。なお、上下方向においては、噴孔 D 1 ~ D 4 は加熱面 5 1 a よりも上方に位置する。

40

【 0 0 3 3 】

交差角度 が鋭角であるため、円錐形状の噴霧が加熱面 5 1 a に斜めに噴き付けられる。よって、図 4 に示すように、加熱面 5 1 a のうち噴霧が噴き付けられる領域 A 1、A 2、A 3、A 4 は、中心線 C h の方向を長手方向とする楕円形状となる。交差角度 の小さ

50

い噴霧ほど、噴き付け領域 A 1 ~ A 4 の楕円長手方向が長くなる。また、噴孔 D 1 ~ D 4 の直径を大きくしたり、噴孔 D 1 ~ D 4 と加熱面 5 1 a との距離を長くしたりすると、領域 A 1、A 2、A 3、A 4 の面積が大きくなり、領域 A 1 ~ A 4 が加熱面 5 1 a からみ出ることとなる。このようにはみ出ることのないよう、上記直径および距離は設定されている。

【 0 0 3 4 】

反応容器 3 0 には、気化室 3 0 b の温度を検出する温度センサ 3 1 が取り付けられている。具体的には、気化室 3 0 b のうち加熱面 5 1 a の上方部分に温度センサ 3 1 は配置されている。また、噴孔 D 1 ~ D 4 から噴射された噴霧が温度センサ 3 1 に直接かからないよう、噴霧よりも空気流れ下流側に温度センサ 3 1 は配置されている。温度センサ 3 1 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 3 1 は、検出した温度の情報（検出温度）を E C U 8 0 へ出力する。

10

【 0 0 3 5 】

さて、放電リアクタ 2 0 への通電を実施すると、電極 2 1 から放出された電子が、電極間通路 2 1 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 2 0 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産する。したがって、空気流入口 3 0 c から反応容器 3 0 内部へ流入する空気には、放電リアクタ 2 0 で生成されたオゾンが含まれている。

【 0 0 3 6 】

気化室 3 0 b 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。

20

【 0 0 3 7 】

ここで、冷炎反応について図 5 ~ 図 7 を用いて詳述する。

【 0 0 3 8 】

図 5 および図 6 は、燃料（ヘキサデカン）をヒータ 5 0 に噴き付け、ヒータ 5 0 を 4 3 0 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、各種物理量の変化を示すシミュレーション結果を示す。すなわち、図中の（a）は雰囲気温度の変化を示す。（b）は、ヒータ 5 0 へ向けて噴射された燃料（ヘキサデカン）のモル濃度の変化を示す。（c）は、酸化で消費された酸素分子、酸化で生成された水分子および二酸化炭素分子について、各々のモル濃度の変化を示す。（d）は、冷炎反応により生成された改質燃料であるアセトアルデヒドおよびプロピオンアルデヒドのモル濃度の変化を示す。燃料噴射開始時点での初期条件は、1 気圧、ヘキサデカン濃度 2 2 0 0 p p m、酸素濃度 2 0 %、二酸化炭素濃度 9 %、水濃度 2 % である。

30

【 0 0 3 9 】

図 5 および図 6 に示されるように、燃料を噴射すると直ぐ、雰囲気温度が上昇するとともに燃料のモル濃度が減少し、かつ、改質燃料のモル濃度が増加している。この現象は、燃料が酸素に酸化されて発熱していることと、燃料から改質燃料が生成されていることを意味する。つまり、冷炎反応が生じていることを意味する。但し、このような温度上昇や各種モル濃度の変化は一時的なものであり、燃料噴射開始から 4 秒ほどの期間は、温度上昇やモル濃度の変化は現れない。

40

【 0 0 4 0 】

そして、図 5 に示すように、約 4 秒経過した時点で、雰囲気温度が上昇するとともに改質燃料のモル濃度が減少し、かつ、二酸化炭素および水の生成量と、酸素の消費量が増加している。この現象は、改質燃料が酸素に酸化されて発熱していることと、改質燃料が完全燃焼して二酸化炭素および水が生成されていることを意味する。つまり、熱炎反応が生じていることを意味する。なお、冷炎反応による温度上昇量は、熱炎反応による温度上昇量よりも小さい。また、冷炎反応による酸素消費量は、熱炎反応による酸素消費量よりも少ない。

50

【 0 0 4 1 】

図 5 に示すように 2 段階で酸化反応が生じる場合には、冷炎反応が為されてから熱炎反応が開始されるまでの期間に、改質燃料が中間生成物として現れる。中間生成物には、アルデヒドやケトン等、様々な炭化水素化合物が具体例として挙げられる。図 7 では、アルデヒドが生成される主要な反応経路の一例を示す。

【 0 0 4 2 】

まず、図中の (1) に示すように、炭化水素 (軽油) が酸素分子と反応して炭化水素ペルオキシラジカルが生成される。この炭化水素ペルオキシラジカルは、アルデヒドと炭化水素ラジカルに分解される ((2) 参照)。この炭化水素ラジカルと酸素分子とが反応して別の炭化水素ペルオキシラジカルが生成される ((3) 参照)。この炭化水素ペルオキシラジカルは、アルデヒドと炭化水素ラジカルに分解される ((4) 参照)。この炭化水素ラジカルと酸素分子とが反応して別の炭化水素ペルオキシラジカルが生成される ((5) 参照)。このように、炭素数を減らしながら繰り返し炭化水素ペルオキシラジカルが生成され、その生成の都度、アルデヒドが生成されていく。なお、熱炎反応では、燃料が完全燃焼して二酸化炭素と水が生成され、中間生成物は現れない。すなわち、冷炎反応により生成された中間生成物は、酸化されて二酸化炭素と水になる。

【 0 0 4 3 】

さらに本発明者らは、図 5 および図 6 に示すシミュレーション結果の蓋然性を確認するために次の試験を行った。すなわち、燃料噴射弁 4 0 から軽油を噴射させ、噴霧状に噴射された軽油を 5 0 0 の熱板 (図示せず) に衝突させた。そして、熱板から気化したガスの成分を分析した。この分析により、2 0 0 0 p p m の軽油を衝突させた場合に約 3 0 p p m のアセトアルデヒドが生成されていることが確認された。この分析結果は、冷炎反応によるアセトアルデヒドの生成が可能であることを示す。

【 0 0 4 4 】

図 5 および図 6 に示すシミュレーションでは、ヒータ 5 0 の温度を 4 3 0 としていた。これに対し、さらに本発明者らは、ヒータ温度を異ならせてシミュレーションし、図 8 に示す解析結果を得た。図中の符号 L 1 は 5 3 0 、符号 L 2 は 4 3 0 、符号 L 3 は 3 3 0 、符号 L 4 は 2 3 0 、符号 L 5 は 1 3 0 、符号 L 6 は 3 0 にヒータ温度を設定した場合の解析結果を各々示す。

【 0 0 4 5 】

符号 L 1 に示すように、ヒータ温度が 5 3 0 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。また、符号 L 2 、 L 3 に示すように、ヒータ温度を 3 3 0 にすると、4 3 0 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 L 4 ~ L 6 に示すように、ヒータ温度を 2 3 0 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。

【 0 0 4 6 】

図 8 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 . 2 3 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 9 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 9 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 . 3 7 にすると、当量比を 0 . 2 3 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。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 は、図 8 および図 9 による解析結果をまとめて表したものであり、横軸は図 8 に係るヒータ温度 (雰囲気温度) を示し、縦軸は図 9 に係る当量比を示す。図中のドットを付した領域は、2 段階酸化反応が生じる領域を表す。図示されるように、雰囲気温度が下限値よりも低い領域では、酸化反応が生じない無反応領域となる。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 以上の領域であれば、1 段で酸化反応が完了する

10

20

30

40

50

1 段酸化反応領域となる。

【0048】

また、2 段酸化反応領域と 1 段酸化反応領域との境界線は、雰囲気温度および当量比に応じて変化する。つまり、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 段酸化反応が生じる。これらの温度範囲および当量比範囲は、図 10 中のドットを付した領域の範囲に相当する。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、上記境界線における当量比が最大値（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。

10

【0049】

図 8 および図 9 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。これに対し、さらに本発明者らは、空気中のオゾン濃度を異ならせてシミュレーションし、図 11 に示す解析結果を得た。このシミュレーションでの初期条件は、1 気圧、ヘキサデカン濃度 2200 ppm、雰囲気温度 330 である。図 11 に示すように、オゾン濃度が大きいほど、冷炎反応の開始時期が早くなる。このようなオゾンによる現象は以下の理由により生じる。すなわち、図 7 中の (1) (3) (5) では、炭化水素ラジカルと酸素分子とが反応しているが、空気中にオゾンが含まれている場合にはこの反応が促進され、アルデヒドが短時間で生成されることとなる。

【0050】

20

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。

【0051】

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。

30

【0052】

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、還元剤添加装置の作動を制御する。すなわち、マイコン 81 は、図 12 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。

【0053】

40

まず、図 12 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。

【0054】

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

50

96により検出された排気温度から推定される。ここで、還元触媒の活性化温度とは、改質燃料によりNO_xを還元浄化できる温度を示す。

【0055】

NO_x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、図13に示す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、先ず図13のステップS₂₀において、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。続くステップS₂₁では、ヒータ50への通電を停止させ、続くステップS₂₂では、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。

【0056】

以上に説明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、燃料噴射室30a、気化室30b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、図13の制御ではヒータ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ので、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。

【0057】

図12の説明に戻り、NO_x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。

【0058】

こ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S₃₀において、反応容器30内の温度を所定の温度範囲に調整する。次に、ステップS₄₀において、反応容器30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。これらの温度範囲および当量比範囲は、図10中のドットに示される2段酸化反応領域の範囲である。これにより、冷炎反応を生じさせて先述した改質燃料を生成する。

【0059】

温度範囲の下限は、1段酸化領域および2段酸化領域と無反応領域との境界線となる260に設定されている。温度範囲の上限は、1段酸化領域と2段酸化領域の境界線のうちの最大温度に設定されている。当量比範囲の上限は、1段酸化領域と2段酸化領域の境界線のうちの最大値であって、370に対応する当量比に設定されている。

【0060】

さらに、ステップS₅₀において、反応容器30内での燃料の濃度に応じて、放電リアクタ20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30内に供給されるので、図11を用いて先述したように、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。

【0061】

なお、ステップS₃₀の処理を実行している時のマイコン81は「温度調整手段」に相当する。ステップS₄₀の処理を実行している時のマイコン81は「当量比調整手段」に相当する。ステップS₅₀の処理を実行している時のマイコン81は「放電電力制御手段」に相当する。以下、これらのステップS₃₀、S₄₀、S₅₀の詳細について、図14を用いて説明する。

【0062】

先ず、温度調整手段に係るステップS₃₀の処理について説明する。先ずステップS₃₁において、還元剤添加装置内の温度、つまり反応容器30内の温度を取得する。具体的には、温度センサ31による検出温度T_{act}を取得する。続くステップS₃₂では、予め設定しておいた目標温度T_{trg}よりも検出温度T_{act}が高い値であるか否かを判定

10

20

30

40

50

する。具体的には、検出温度 T_{act} から目標温度 T_{trg} を減算して得られた差分値 T が、ゼロより大きいか否かを判定する。

【0063】

$T > 0$ でないと否定判定されれば、ステップ S_{33} に進み、ヒータ 50 による加熱量を増加させる。具体的には、ヒータ 50 への通電デューティ比を、差分値 T の絶対値が大きいほど増大させる。一方、 $T > 0$ であると肯定判定されれば、続くステップ S_{34} にて差分値 T が上限値（例えば 50 ）を超えているか否かを判定する。上限値を超えていないと否定判定されれば、ステップ S_{35} に進み、ヒータ 50 による加熱量を低減させる。具体的には、ヒータ 50 への通電デューティ比を、差分値 T の絶対値が大きいほど減少させる。但し、上限値を超えていると肯定判定された場合には、ステップ S_{36} に進み、ヒータ 50 への通電を停止させる。これにより、雰囲気温度を迅速に低下させることを図る。

10

【0064】

ステップ S_{32} で用いる目標温度 T_{trg} は、図 10 に示す 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 370 ）に設定されている。なお、気化室 $30b$ の温度は冷炎反応により上昇するので、ヒータ 50 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_{trg} よりも低い値に制御されることとなる。

【0065】

次に、当量比調整手段に係るステップ S_{40} の処理について説明する。ステップ S_{40} の処理では、差分値 T が 50 以下であればステップ S_{41} に進み、検出温度 T_{act} に対応する、冷炎反応を生じさせる当量比の最大値 max 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 max であって、雰囲気温度に対応する当量比の最大値 max 、またはその最大値 max から所定の余裕分だけ減算した値を、目標当量比 trg としてマイコン 81 に記憶させておく。例えば、図 10 に示す 2 段酸化反応領域における当量比の最大値 max であって、雰囲気温度に対応する当量比の最大値 max を、マップ化してマイコン 81 に記憶させておく。そして、検出温度 T_{act} に対応する当量比の最大値 max を、マップを参照して算出する。

20

【0066】

続くステップ S_{42} では、ステップ S_{41} で算出した当量比の最大値 max に基づき、目標当量比 trg を設定する。具体的には、所定の余裕分だけ最大値 max から減算した値を目標当量比 trg として設定する。これにより、実際の当量比が目標当量比 trg より大きくなったとしても、最大値 max を超えるおそれを低減でき、冷炎反応が生じなくなるおそれを低減できる。

30

【0067】

一方、差分値 T が 50 より大きく、上記ステップ S_{36} にてヒータ 50 を停止させている場合には、ステップ S_{43} に進み、予め設定しておいた空冷用の値に目標当量比 trg を設定する。この空冷用の値は、目標温度 T_{trg} に対応する当量比の最大値 max よりも大きい値に設定されている。つまり、ステップ S_{42} の場合に比べて空気の流量を増大させることで、雰囲気温度の迅速な低下を促進させることを図る。

【0068】

続くステップ S_{44} では、 NO_x 浄化装置 15 へ流入した NO_x の全てを還元するのに必要な燃料を、過不足なく NO_x 浄化装置 15 へ供給するための値を、目標燃料流量 F_{trg} として設定する。上記目標燃料流量 F_{trg} とは、単位時間あたりに NO_x 浄化装置 15 へ供給する燃料の質量である。

40

【0069】

具体的には、以下に説明する NO_x 流入流量および NO_x 触媒温度に基づき、目標燃料流量 F_{trg} を設定する。上記 NO_x 流入流量とは、単位時間あたりに NO_x 浄化装置 15 へ流入する NO_x の質量である。例えば、内燃機関 10 の運転状態に基づき、 NO_x 流入流量を推定できる。上記 NO_x 触媒温度とは、 NO_x 浄化装置 15 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 96 により検出された温度に基づき、 NO_x

50

触媒温度を推定できる。

【0070】

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。

【0071】

続くステップS45では、ステップS42またはステップS43で設定した目標当量比t_{trg}、およびステップS44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、 $t_{trg} = F_{trg} / A_{trg}$ となるように目標空気流量A_{trg}を算出する。

10

【0072】

続くステップS46では、ステップS45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。続くステップS47では、ステップS44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の開弁時間を長くする。

【0073】

なお、ステップS44、S47を実行している時のマイコン81は、気化室30bへ供給される燃料の流量を制御する「燃料流量制御手段」に相当する。ステップS41、S42、S43、S45、S46を実行している時のマイコン81は、気化室30bへ供給される空気の流量を制御する「空気流量制御手段」に相当する。

20

【0074】

次に、放電電力制御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、ステップS44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、気化室30b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。例えば、図11の如く燃料濃度が2200ppmの場合には、0.02秒内に冷炎反応を完了させるにはオゾン濃度が400ppmであればよい。この場合、オゾン濃度が400ppmとなるように目標オゾン流量O_{trg}を設定する。

30

【0075】

続くステップS52では、ステップS45で算出した目標空気流量A_{trg}、およびステップS51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。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S53では、ステップS52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

【0076】

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、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。

【0077】

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を反応容器30へ供給する。そのため、図11に示

50

すように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。

【0078】

さらに本実施形態では、図14のステップS50の処理により、気化室30b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。

10

【0079】

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を気化室30bへ供給させることで、排気通路10exへオゾンを添加する。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。

【0080】

20

さらに本実施形態では、燃料を加熱するヒータ50と、気化室30b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14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、気化室30bの温度を所定の温度範囲に調整する。これによれば、気化室30bの温度が温度センサ31により直接検出される。また、気化室30bの燃料がヒータ50により直接加熱される。そのため、気化室30b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。

【0081】

ここで、図10に示すように、冷炎反応が生じる当量比範囲は雰囲気温度に応じて異なる。この点を鑑みた本実施形態では、図14のステップS40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 t_{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、実際の気化室30b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。

30

【0082】

さらに本実施形態では、図14のステップS44、S47（燃料流量制御手段）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S41、S42、S43、S45、S46（空気流量制御手段）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。

40

【0083】

さらに本実施形態では、ヒータ50により炭素数の少ない炭化水素化合物に燃料を分解させるクラッキングを実施している。クラッキングにより炭素数が少なくなった炭化水素は沸点が低くなるので、気化した燃料が液体に戻るものが抑制される。

【0084】

（第2実施形態）

図1に示す実施形態では、エアポンプ20pにより放電リアクタ20へ空気を供給している。これに対し、図15に示す本実施形態では、内燃機関10の吸気の一部を分岐させて放電リアクタ20へ流入させる。

【0085】

50

具体的には、吸気通路 10 i n のうちコンプレッサ 11 c の下流かつ冷却器 12 の上流部分と放電リアクタ 20 の流管路 22 a とは、分岐配管 36 h により接続されている。また、吸気通路 10 i n のうち冷却器 12 の下流部分と流管路 22 a とは、分岐配管 36 c により接続されている。分岐配管 36 h は、冷却器 12 により冷却される前の高温吸気を放電リアクタ 20 へ供給する。分岐配管 36 c は、冷却器 12 により冷却された後の低温吸気を放電リアクタ 20 へ供給する。

【0086】

これらの分岐配管 36 h、36 c には、内部通路を開閉する電磁バルブ 36 が取り付けられている。電磁バルブ 36 の作動はマイコン 81 により制御される。分岐配管 36 h を開けて分岐配管 36 c を閉じるように電磁バルブ 36 が作動すると、高温吸気が放電リアクタ 20 へ流入する。分岐配管 36 c を開けて分岐配管 36 h を閉じるように電磁バルブ 36 が作動すると、低温吸気が放電リアクタ 20 へ流入する。

10

【0087】

電磁バルブ 36 の作動により、冷却器 12 の上流部分から冷却器 12 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 12 の下流部分から冷却器 12 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 50 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。

【0088】

20

なお、電磁バルブ 36 を開弁させている期間中は、分岐配管 36 h、36 c により吸気の一部が分岐して流れる分だけ、内燃機関 10 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 81 は、電磁バルブ 36 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 13 の開度、もしくはコンプレッサ 11 c による過給量を補正する。

【0089】

以上により、本実施形態によれば、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 20 p 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。

【0090】

30

(第3実施形態)

図 1 および図 15 に示す実施形態では、放電リアクタ 20 を備えることにより、反応容器 30 へオゾンを供給している。これに対し、図 16 に示す本実施形態では、放電リアクタ 20 を廃止している。これによれば、オゾンの供給により反応容器 30 での反応速度の向上を図ることができないものの、放電リアクタ 20 を廃止して、装置の小型化を図ることができる。

【0091】

(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わせることも可能である。

40

【0092】

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。

【0093】

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

50

、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。

【0094】

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。

【0095】

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20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、NOx触媒温度が活性化温度未満であり、かつ、NOx吸着量が飽和状態になっているケースや、NOx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20p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。

【0096】

図1に示す上記実施形態では、NOx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、NOx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。

【0097】

内燃機関10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、NOx浄化装置15がNOxを吸着し、リーン燃焼以外の時にNOx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NOx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。

【0098】

吸着または吸蔵の機能を有しないNOx浄化装置15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、NOx浄化装置15には、リーン燃焼時に所定温度範囲でNOx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。

【0099】

上記第1実施形態では、図12のステップS12で用いるNOx触媒温度を、排気温度センサ96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、NOx浄化装置15に温度センサを取り付けて、NOx触媒温度を直接計測してもよい。或いは、出力軸10aの回転速度および内燃機関10の負荷等に基づき、NOx触媒温度を推定してもよい。

【0100】

図1に示す実施形態では、放電リアクタ20は、平板形状の電極21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。

【0101】

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。

【符号の説明】

10

20

30

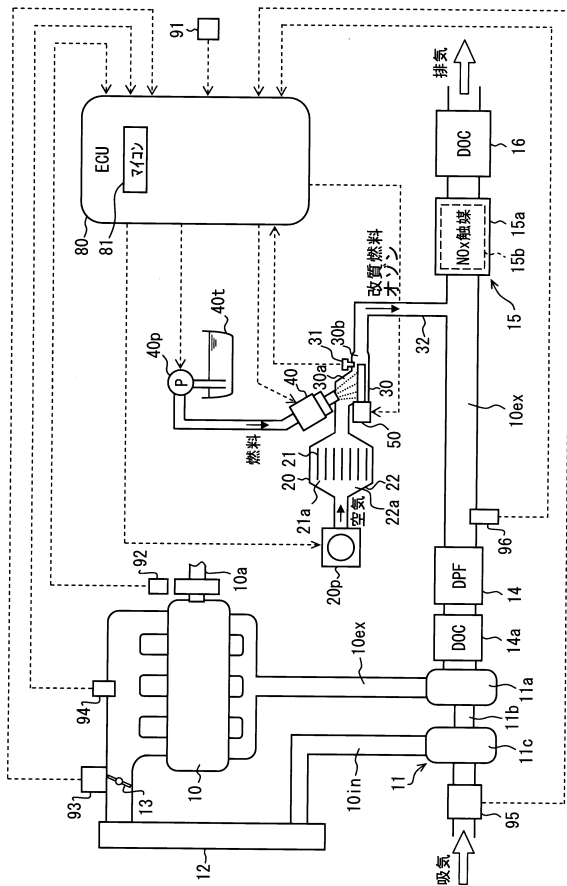
40

50

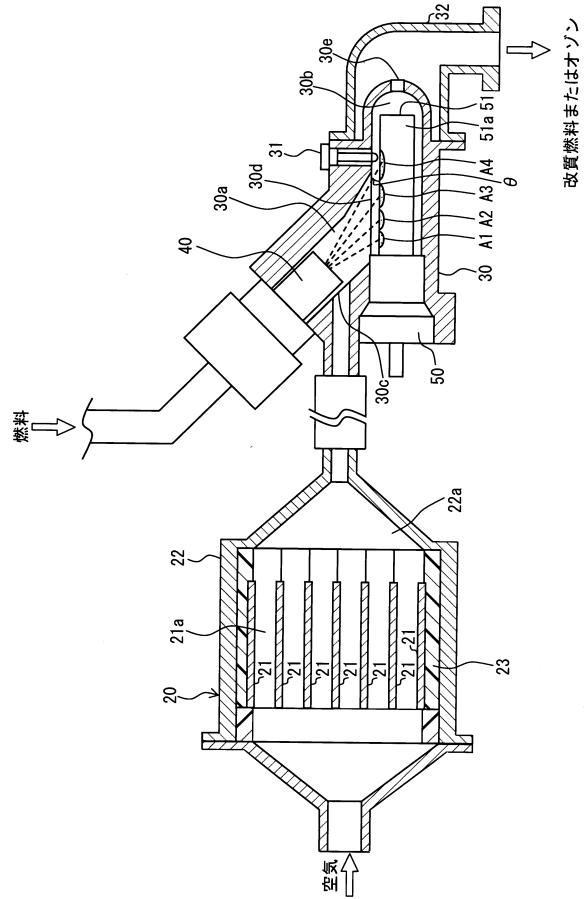
【 0 1 0 2 】

1 0 ... 内燃機関、1 0 e x ... 排気通路、1 5 ... NOx 浄化装置、3 0 ... 反応容器、3 0 a ... 燃料噴射室 (反応室)、3 0 b ... 気化室 (反応室)、S 3 0 ... 温度調整手段、S 4 0 ... 当量比調整手段。

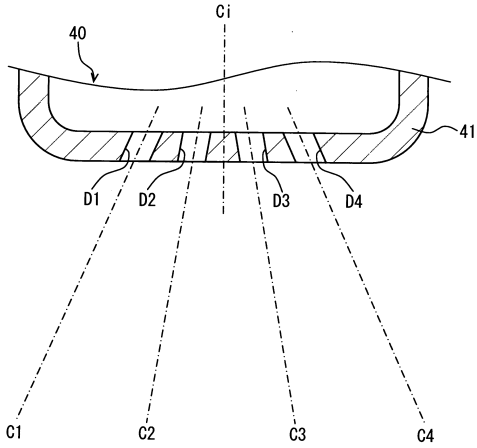
【 図 1 】



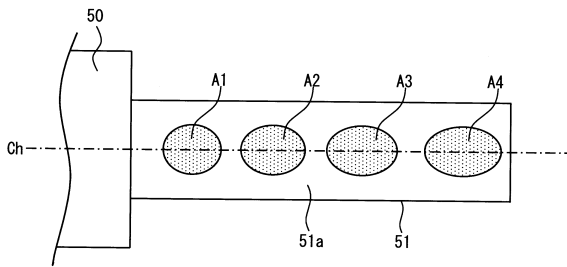
【 図 2 】



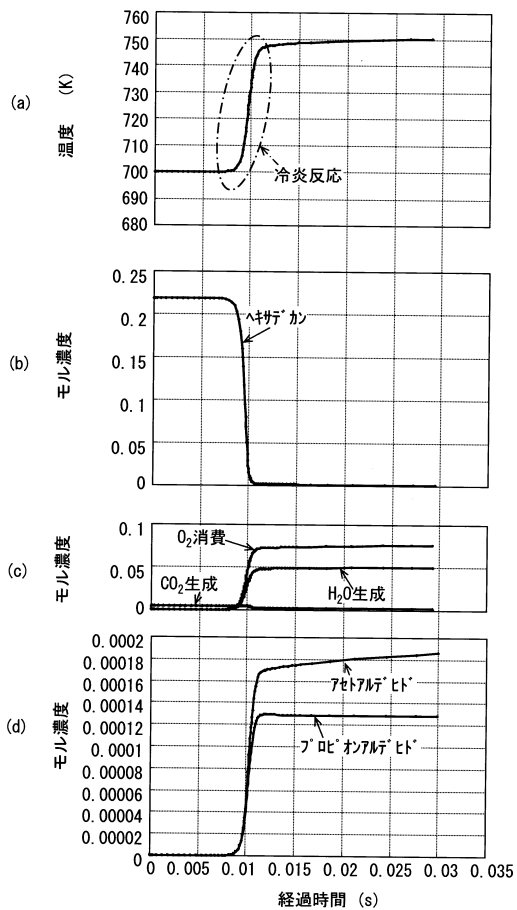
【図3】



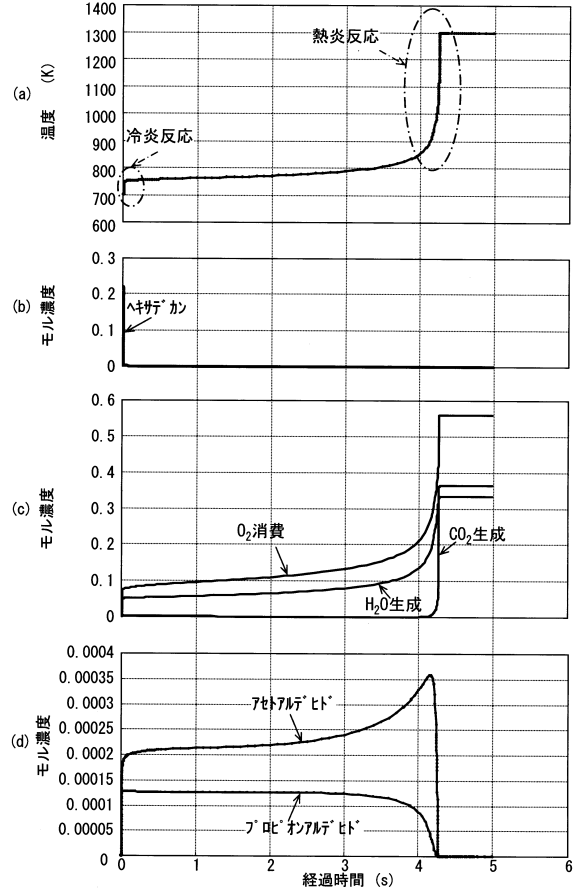
【図4】



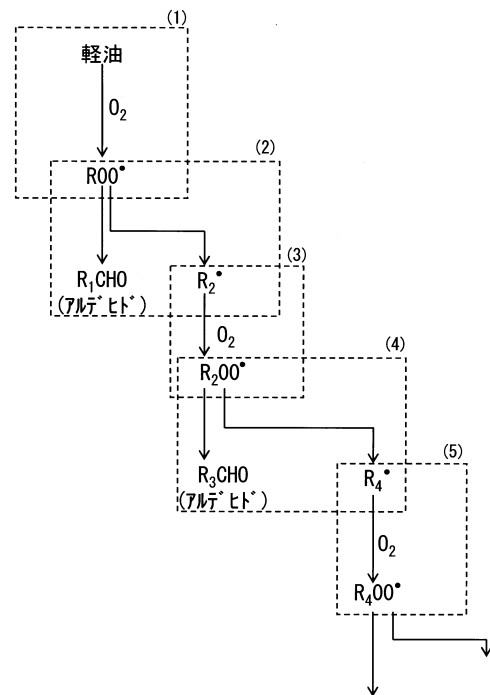
【図6】



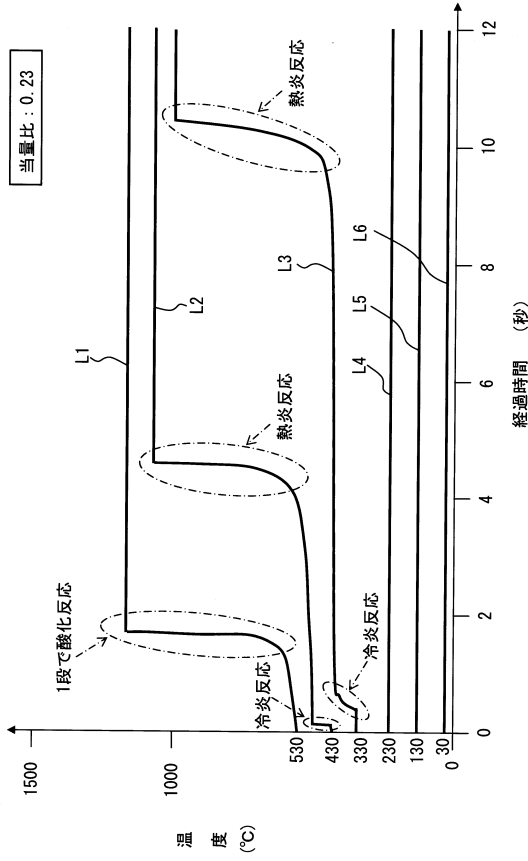
【図5】



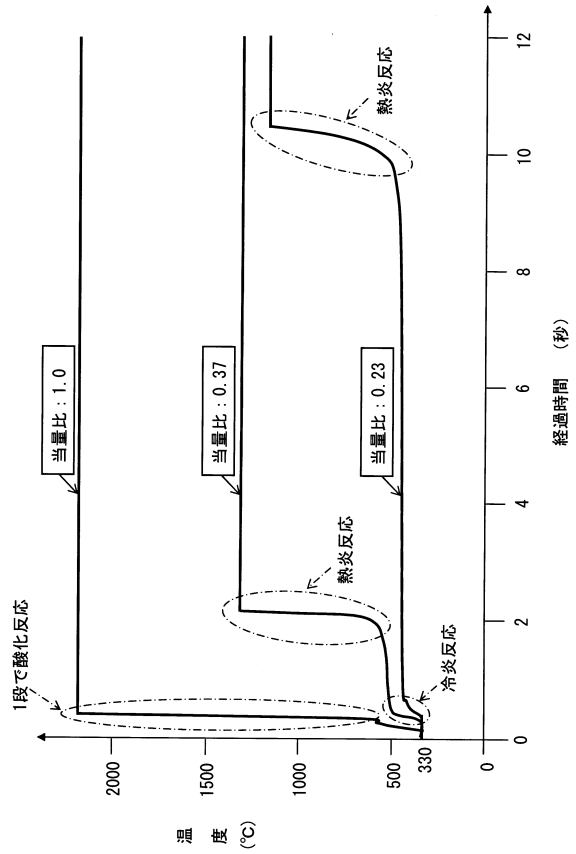
【図7】



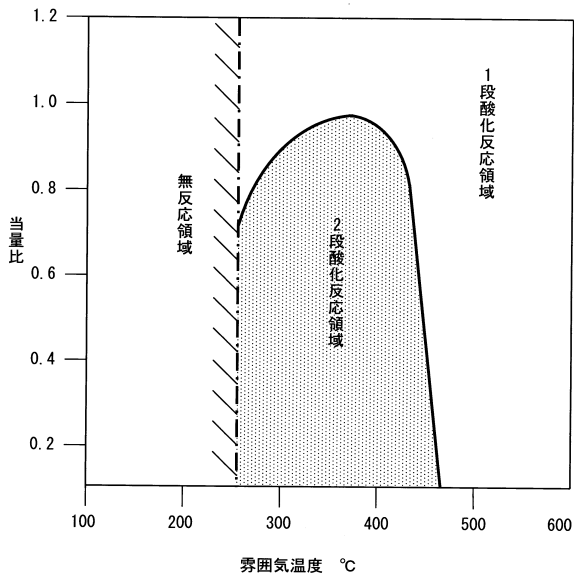
【 図 8 】



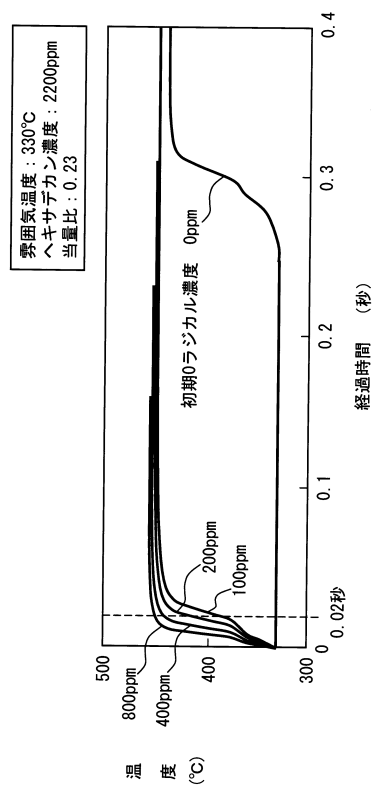
【 図 9 】



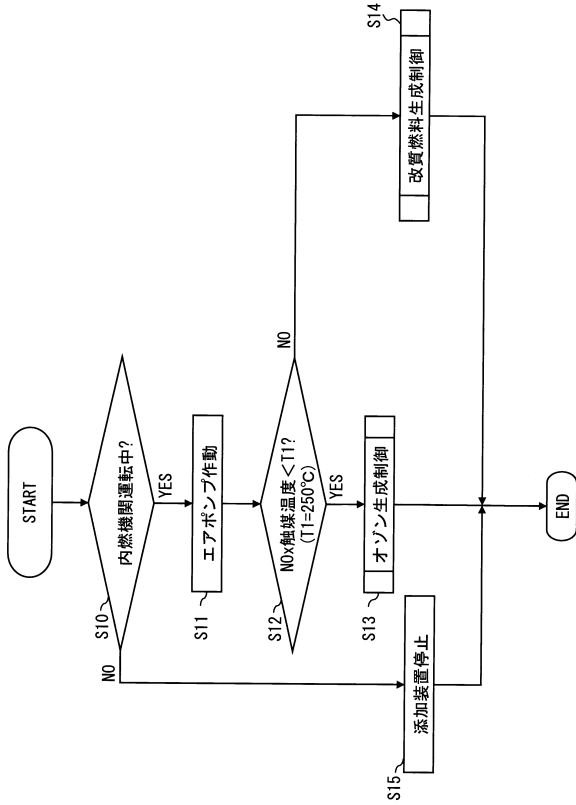
【 図 10 】



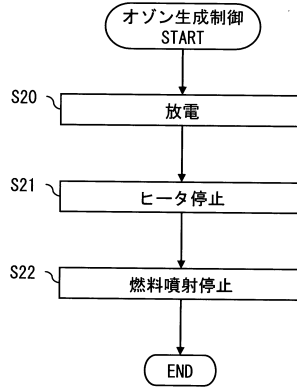
【 図 11 】



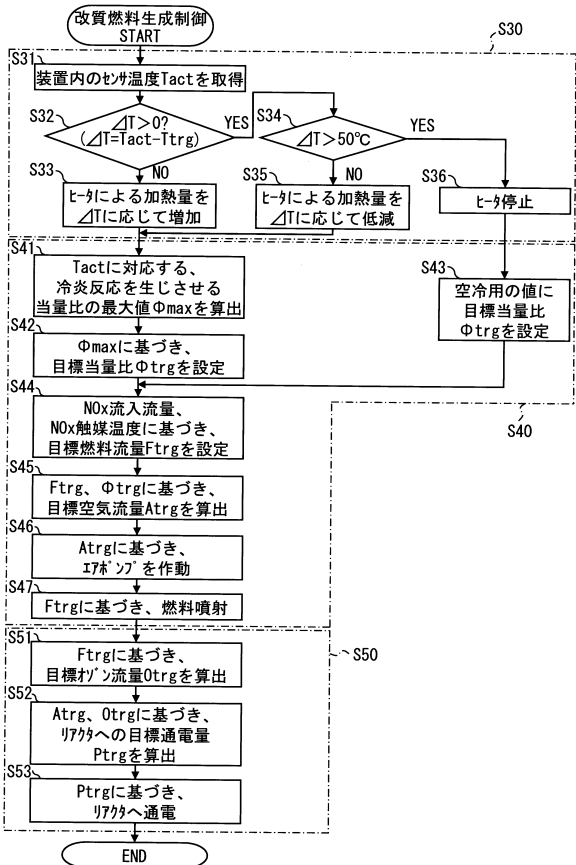
【図12】



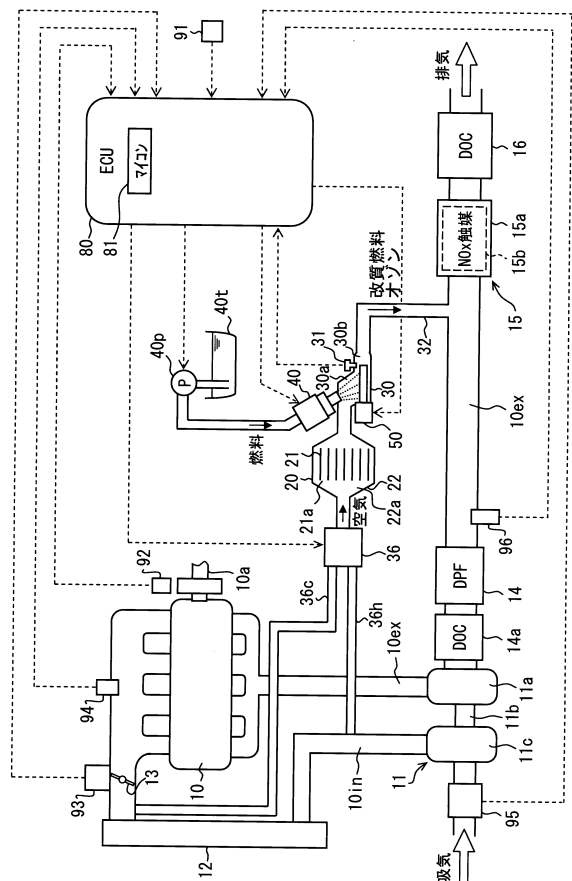
【図13】



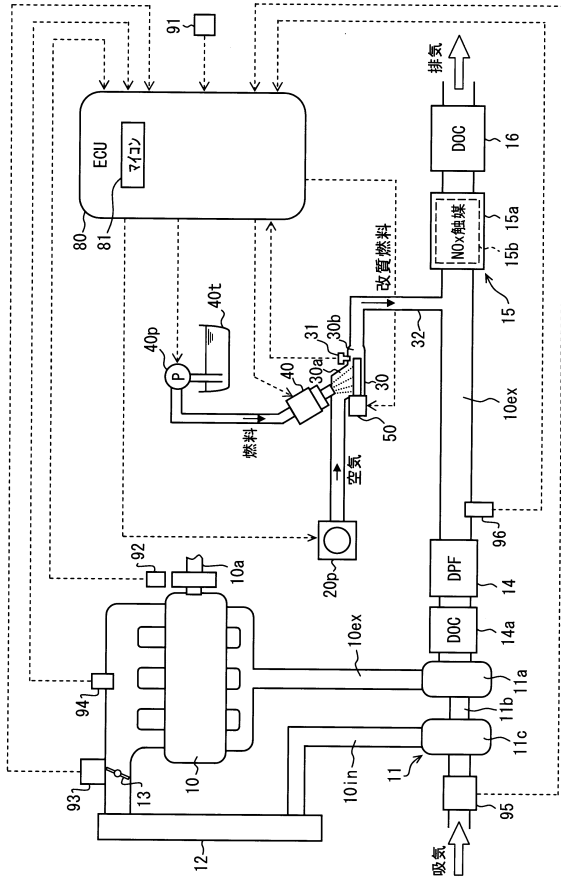
【図14】



【図15】



【図16】



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2000-054833(JP,A)
特表2010-538200(JP,A)
特開2009-264320(JP,A)
特開2007-100578(JP,A)
特開2000-027637(JP,A)
国際公開第2009/028957(WO,A1)
特開2010-249100(JP,A)
米国特許出願公開第2004/0098976(US,A1)
米国特許第07093429(US,B1)

(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