

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3546829号  
(P3546829)

(45) 発行日 平成16年7月28日(2004.7.28)

(24) 登録日 平成16年4月23日(2004.4.23)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

FO2D	29/02	FO2D	29/02	ZHVD
B6OK	6/02	B6OK	6/04	31O
B6OK	6/04	B6OK	6/04	32O
FO1N	3/02	B6OK	6/04	33O
FO1N	3/08	B6OK	6/04	40O

請求項の数 11 (全 43 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-305267(P2000-305267)  
 (22) 出願日 平成12年10月4日(2000.10.4)  
 (65) 公開番号 特開2002-115575(P2002-115575A)  
 (43) 公開日 平成14年4月19日(2002.4.19)  
 審査請求日 平成15年1月16日(2003.1.16)

(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 100082898  
 弁理士 西山 雅也  
 (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 五十嵐 幸平  
 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】 圧縮着火式内燃機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼室内の不活性ガス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を更に増大していくと燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる圧縮着火式内燃機関において、煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多い第1の燃焼と、煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少ない第2の燃焼とを選択的に切換える切換手段を具備し、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには $NO_x$ を吸収し流入する排気ガスの空燃比がリッチ又は理論空燃比のときには吸収した $NO_x$ を放出する $NO_x$ 吸収剤を機関排気通路内に配置し、内燃機関の駆動力とは別個に車両駆動力を発生する電気モータと、電気モータ駆動用バッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が予め定められた設定量よりも大きいか否かを判断する判断手段とを具備し、 $NO_x$ 吸収剤から $SO_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ第2の燃焼を行うべきときであっても第1の燃焼を行って燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にすると共に電気モータに駆動力を発生させ、 $NO_x$ 吸収剤から $SO_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量以下であれば第2の燃焼を行うべきときには第2の燃焼を行いかつ $NO_x$ 吸収剤の温度が $NO_x$ 吸収剤から $SO_x$ を放出しうる温度以上に維持されるように燃料噴射が制御される圧縮着火式内燃機関。

【請求項2】

NO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ第2の燃焼を行うべきときであっても第1の燃焼を行って燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にすると共に電気モータに駆動力を発生させ、NO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量以下であれば第2の燃焼を行うべきときには第2の燃焼を行いかつNO<sub>x</sub> 吸収剤に流入する排気ガスの空燃比をリッチにするのに必要な補助燃料が膨張行程末期又は排気行程中に噴射される請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

【請求項3】

第2の燃焼を行うべきときに第1の燃焼を行うときには機関の出力トルクを第1の燃焼を行いうるほぼ最大の出力トルクに維持し、機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにした請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

10

【請求項4】

NO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> 又はSO<sub>x</sub> を放出すべきときに第1の燃焼が行われているときには燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にするようにした請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

【請求項5】

NO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> 又はSO<sub>x</sub> を放出すべきときに第1の燃焼が行われているときにはバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ機関の出力トルクを低下させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比としかつ電気モータに駆動力を発生させて機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにした請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

20

【請求項6】

NO<sub>x</sub> 吸収剤の温度を検出するための検出手段を具備し、NO<sub>x</sub> 吸収剤からNO<sub>x</sub> 又はSO<sub>x</sub> を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ機関の出力トルクを低下させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比としかつ電気モータに駆動力を発生させて機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにし、NO<sub>x</sub> 吸収剤の温度が予め定められた温度範囲内となるように機関出力トルクと電気モータの出力トルクとの比を制御するようにした請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

【請求項7】

機関の運転領域を低負荷側の第1の運転領域と高負荷側の第2の運転領域に分割し、第1の運転領域では第1の燃焼が行われ、第2の運転領域では第2の燃焼が行われる請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

30

【請求項8】

燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる再循環装置を具備し、上記不活性ガスが再循環排気ガスからなり、第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ55パーセント以上であり、第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ50パーセント以下である請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

【請求項9】

機関排気通路内にパーティキュレートフィルタを配置し、該パーティキュレートフィルタとして、単位時間当りに燃焼室から排出される排出微粒子量がパーティキュレートフィルタ上において単位時間当りに輝炎を発することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量よりも少ないときには排気ガス中の微粒子がパーティキュレートフィルタに流入すると輝炎を発することなく酸化除去せしめられかつ上記NO<sub>x</sub> 吸収剤の機能を有するパーティキュレートフィルタを用いた請求項1に記載の圧縮着火式内燃機関。

40

【請求項10】

パーティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持した請求項9に記載の圧縮着火式内燃機関。

【請求項11】

周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下する

50

と保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタ上に担持し、パティキュレートフィルタ上に微粒子が付着したときに活性酸素放出剤から活性酸素を放出させ、放出された活性酸素によってパティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにした請求項10に記載の圧縮着火式内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は圧縮着火式内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】

流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には $\text{NO}_x$  を吸収し流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した $\text{NO}_x$  を放出する $\text{NO}_x$  吸収剤を機関排気通路内に配置し、通常はリーン空燃比のもとで燃焼が行われると共にこのとき発生する $\text{NO}_x$  が $\text{NO}_x$  吸収剤に吸収され、 $\text{NO}_x$  吸収剤に吸収されている $\text{NO}_x$  量が予め定められている許容量を越えたときに空燃比を一時的にリッチにして $\text{NO}_x$  吸収剤から $\text{NO}_x$  を放出させると共に還元するようにした圧縮着火式内燃機関が公知である。

【0003】

しかしながら圧縮着火式内燃機関において空燃比をリッチにすると多量の煤が発生し、従って空燃比をリッチにすることにより $\text{NO}_x$  吸収剤から $\text{NO}_x$  を放出させるのはかなり困難である。

一方、圧縮着火式内燃機関において再循環排気ガス(以下、EGRガスという)の再循環率(EGRガス量/(吸入空気量+EGRガス量))、即ちEGR率を55パーセント以上にすると燃焼温度が低下して、いわゆる低温燃焼が行われ、このときには空燃比をリッチにしても煤がほとんど発生しないことが知られている。従ってこのような低温燃焼が行われているときに空燃比をリッチにすれば煤を発生させることなく $\text{NO}_x$  吸収剤から $\text{NO}_x$  を放出できることになる。

【0004】

しかしながらこの低温燃焼は機関負荷が低いときのみ可能であって機関負荷が高くなると低温燃焼を行わせることができず、従って機関負荷が高いときには煤を発生させることなく空燃比をリッチにすることができない。

そこで機関の駆動力とは別個の駆動力を発生する電気モータを具備し、機関負荷が高いときに空燃比をリッチにすべきときには機関負荷を低下させて低温燃焼を行わせると共に、電気モータを作動させて機関負荷の低下による機関出力の低下分を電気モータの出力によって補うようにした圧縮着火式内燃機関が公知である(特開平11-257054号公報参照)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが電気モータは電気モータ駆動用バッテリーに貯蔵されている電気エネルギーの量が低下してくると良好に作動しなくなり、従ってバッテリーに貯蔵されている電気エネルギーの量が低下したときには電気モータの作動を停止することが必要となる。しかしながら上述の圧縮着火式内燃機関ではバッテリーに貯蔵されている電気エネルギーの量を何ら考慮していないので電気モータを作動させたときに電気モータが良好に作動しない場合があり、この場合には車両に対する駆動力が急激に落ち込んでしまうという問題を生ずる。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記問題点を解決するために1番目の発明では、燃焼室内の不活性ガス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を更に増大していくと燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温が煤の生成温度よりも低くなって煤がほとんど発生しなくなる圧縮着火式内燃機関において、煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多い第1の燃焼と、煤の発生量がピーク

10

20

30

40

50

となる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少ない第2の燃焼とを選択的に切換える切換手段を具備し、流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には $\text{NO}_x$ を吸収し流入する排気ガスの空燃比がリッチ又は理論空燃比のときには吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤を機関排気通路内に配置し、内燃機関の駆動力とは別個に車両駆動力を発生する電気モータと、電気モータ駆動用バッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が予め定められた設定量よりも大きいか否かを判断する判断手段とを具備し、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{SO}_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ第2の燃焼を行うべきときであっても第1の燃焼を行って燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にすると共に電気モータに駆動力を発生させ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{SO}_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量以下であれば第2の燃焼を行うべきときには第2の燃焼を行いかつ $\text{NO}_x$ 吸収剤の温度が $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{SO}_x$ を放出しうる温度以上に維持されるように燃料噴射が制御される。

10

## 【0007】

2番目の発明では1番目の発明において、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ第2の燃焼を行うべきときであっても第1の燃焼を行って燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にすると共に電気モータに駆動力を発生させ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量以下であれば第2の燃焼を行うべきときには第2の燃焼を行いかつ $\text{NO}_x$ 吸収剤に流入する排気ガスの空燃比をリッチにするのに必要な補助燃料が膨張行程末期又は排気行程中に噴射される。

20

3番目の発明では1番目の発明において、第2の燃焼を行うべきときに第1の燃焼を行うときには機関の出力トルクを第1の燃焼を行いうるほぼ最大の出力トルクに維持し、機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにしている。

## 【0008】

4番目の発明では1番目の発明において、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ 又は $\text{SO}_x$ を放出すべきときに第1の燃焼が行われているときには燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比にするようにしている。

5番目の発明では1番目の発明において、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ 又は $\text{SO}_x$ を放出すべきときに第1の燃焼が行われているときにはバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ機関の出力トルクを低下させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比としかつ電気モータに駆動力を発生させて機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにしている。

30

## 【0009】

6番目の発明では1番目の発明において、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の温度を検出するための検出手段を具備し、 $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ 又は $\text{SO}_x$ を放出すべきときにバッテリーに貯蔵された電気エネルギーの量が設定量よりも大きければ機関の出力トルクを低下させると共に燃焼室内における空燃比をリッチ又は理論空燃比としかつ電気モータに駆動力を発生させて機関出力トルクの低下分を電気モータの出力トルクにより補うようにし、 $\text{NO}_x$ 吸収剤の温度が予め定められた温度範囲内となるように機関出力トルクと電気モータの出力トルクとの比を制御するようにしている。

40

## 【0010】

7番目の発明では1番目の発明において、機関の運転領域を低負荷側の第1の運転領域と高負荷側の第2の運転領域に分割し、第1の運転領域では第1の燃焼が行われ、第2の運転領域では第2の燃焼が行われる。

8番目の発明では1番目の発明において、燃焼室から排出された排気ガスを機関吸気通路内に再循環させる再循環装置を具備し、上記不活性ガスが再循環排気ガスからなり、第1の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ55パーセント以上であり、第2の燃焼が行われているときの排気ガス再循環率がほぼ50パーセント以下である。

## 【0011】

9番目の発明では1番目の発明において、機関排気通路内にパティキュレートフィルタを

50

配置し、パティキュレートフィルタとして、単位時間当りに燃焼室から排出される排出微粒子量がパティキュレートフィルタ上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量よりも少ないときには排気ガス中の微粒子がパティキュレートフィルタに流入すると輝炎を発生することなく酸化除去せしめられかつ $\text{NO}_x$  吸収剤の機能を有するパティキュレートフィルタを用いている。

#### 【0012】

10番目の発明では9番目の発明において、パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持している。

11番目の発明では10番目の発明において、周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタ上に担持し、パティキュレートフィルタ上に微粒子が付着したときに活性酸素放出剤から活性酸素を放出させ、放出された活性酸素によってパティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにしている。

10

#### 【0013】

##### 【発明の実施の形態】

図1および図2は本発明を4ストローク圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示している。

図1および図2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は排気ポートを夫々示す。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およびインタークーラ14を介して過給機、例えば排気ターボチャージャ15のコンプレッサ16の出口部に連結される。コンプレッサ16の入口部は吸気ダクト17およびエアフローメータ18を介してエアクリーナ19に連結され、吸気ダクト17内にはステップモータ20により駆動されるスロットル弁21が配置される。

20

#### 【0014】

一方、排気ポート10は排気マニホールド22を介して排気ターボチャージャ15の排気タービン23の入口部に連結され、排気タービン23の出口部はパティキュレートフィルタ24を内蔵したケーシング25に連結される。ケーシング25の出口部に連結された排気管26とスロットル弁21下流の吸気ダクト17とはEGR通路27を介して互いに連結され、EGR通路27内にはステップモータ28により駆動されるEGR制御弁29が配置される。また、EGR通路27内にはEGR通路27内を流れるEGRガスを冷却するためのEGRクーラ30が配置される。図1に示される実施例では機関冷却水がEGRクーラ30内に導びかれ、機関冷却水によってEGRガスが冷却される。

30

#### 【0015】

一方、燃料噴射弁6は燃料供給管31を介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール32に連結される。このコモンレール32内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ33から燃料が供給され、コモンレール32内に供給された燃料は各燃料供給管31を介して燃料噴射弁6に供給される。コモンレール32にはコモンレール32内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ34が取付けられ、燃料圧センサ34の出力信号に基づいてコモンレール32内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ33の吐出量が制御される。

40

#### 【0016】

一方、図1に示される実施例では機関の出力軸に変速機35が連結され、変速機35の出力軸36に電気モータ37が連結される。この場合、変速機35としては、トルクコンバータを具えた通常の自動変速機、各種の無段変速機、或いはクラッチを具えた手動変速機におけるクラッチ操作および変速操作を自動的に行うようにした形式の自動変速機又は手動変速機等を用いることができる。

#### 【0017】

また、変速機35の出力軸36に連結された電気モータ37は機関の駆動力とは別個に駆動力を発生する駆動力発生装置を構成している。図1に示される実施例ではこの電気モータ

50

タ 37 は変速機 35 の出力軸 36 上に取付けられかつ外周面に複数個の永久磁石を取付けたロータ 38 と、回転磁界を形成する励磁コイルを巻設したステータ 39 とを具備した交流同期電動機からなる。ステータ 39 の励磁コイルはモータ駆動制御回路 40 に接続される。このモータ駆動制御回路 40 は直流高電圧を発生するバッテリー 41 に接続され、モータ駆動回路 40 とバッテリー 41 間にはバッテリー電圧およびバッテリーの充放電電流を検出するための検出器 42 が配置される。

【 0018 】

電子制御ユニット 50 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 51 によって互いに接続された ROM (リードオンリメモリ) 52、RAM (ランダムアクセスメモリ) 53、CPU (マイクロプロセッサ) 54、入力ポート 55 および出力ポート 56 を具備する。エアフローメータ 18、燃料圧センサ 34 および検出器 42 の出力信号は夫々対応する AD 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。排気管 26 内には排気ガス温を検出するための温度センサ 43 が配置され、この温度センサ 43 の出力信号は対応する AD 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。また、入力ポート 55 には変速機 35 の変速比又は変速段、および出力軸 36 の回転数等を表わす種々の信号が入力される。

10

【 0019 】

一方、アクセルペダル 44 にはアクセルペダル 44 の踏み込み量 L に比例した出力電圧を発生する負荷センサ 45 が接続され、負荷センサ 45 の出力電圧は対応する AD 変換器 57 を介して入力ポート 55 に入力される。更に入力ポート 55 にはクランクシャフトが例えば 15° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 46 が接続される。一方、出力ポート 56 は対応する駆動回路 58 を介して燃料噴射弁 6、ステップモータ 20、EGR 制御弁 28、燃料ポンプ 33、変速機 35、およびモータ駆動制御回路 40 に接続される。

20

【 0020 】

電気モータ 37 のステータ 39 の励磁コイルへの電力の供給は通常停止せしめられており、このときロータ 38 は変速機 37 の出力軸 36 と共に回転している。一方、電気モータ 37 を駆動せしめるときにはバッテリー 41 の直流高電圧がモータ駆動制御回路 40 において周波数が  $f_m$  で電流値が  $I_m$  の三相交流に変換され、この三相交流がステータ 39 の励磁コイルに供給される。この周波数  $f_m$  は励磁コイルにより発生する回転磁界をロータ 38 の回転に同期して回転させるのに必要な周波数であり、この周波数  $f_m$  は出力軸 36 の回転数に基づいて CPU 54 で算出される。モータ駆動制御回路 40 ではこの周波数  $f_m$  が三相交流の周波数とされる。

30

【 0021 】

一方、電気モータ 37 の出力トルクは三相交流の電流値  $I_m$  にほぼ比例する。この電流値  $I_m$  は電気モータ 37 の要求出力トルクに基づき CPU 54 において算出され、モータ駆動制御回路 40 ではこの電流値  $I_m$  が三相交流の電流値とされる。

また、外力により電気モータ 37 を駆動する状態にすると電気モータ 37 は発電機として作動し、このとき発生した電力がバッテリー 41 に回生される。外力により電気モータ 37 を駆動すべきか否かは CPU 54 において判断され、外力により電気モータ 37 を駆動すべきであると判別されたときにはモータ制御回路 40 により電気モータ 37 に発生した電力がバッテリー 41 に回生されるように制御される。

40

【 0022 】

図 3 に圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す。この実施例では機関の出力軸 47 に電気モータ 37 が連結され、電気モータ 37 の出力軸に変速機 35 が連結される。この実施例では電気モータ 37 のロータ 38 は機関の出力軸 47 上に取付けられており、従ってロータ 38 は常時機関の出力軸 47 と共に回転する。また、この実施例においても変速機 35 としては、トルクコンバータを具えた通常の自動変速機、各種の無段変速機、或いはクラッチを具えた手動変速機におけるクラッチ操作および変速操作を自動的に行うようにした形式の自動変速機、又は手動変速機等を用いることができる。

【 0023 】

50

図4の縦軸TQは機関に対する要求トルクを示しており、横軸Nは機関回転数を示しており、各実線はアクセルペダル44の同一踏込み量における要求トルクTQと機関回転数Nとの関係を示している。また、図4において実線Aはアクセルペダル44の踏込み量が零のとき、実線Bはアクセルペダル44の踏込み量が最大のときを示しており、実線Aから実線Bに向けてアクセルペダル44の踏込み量が増大していく。本発明による実施例では図4に示す関係からアクセルペダル44の踏込み量Lおよび機関回転数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。

#### 【0024】

さて、本発明における実施例では、機関負荷が比較的低いときには煤がほとんど発生しない低温燃焼を行わせるようにしており、従ってまず初めにこの煤がほとんど発生しない低温燃焼について説明する。

10

図5は機関低負荷運転時にスロットル弁21の開度およびEGR率を変化させることにより空燃比A/F(図5の横軸)を変化させたときの出力トルクの変化、およびスモーク、HC、CO、NO<sub>x</sub>の排出量の変化を示す実験例を表している。図5からわかるようにこの実験例では空燃比A/Fが小さくなるほどEGR率が大きくなり、理論空燃比(14.6)以下のときにはEGR率は65パーセント以上となっている。

#### 【0025】

図5に示されるようにEGR率を増大することにより空燃比A/Fを小さくしていくとEGR率が40パーセント付近となり空燃比A/Fが30程度になったときにスモークの発生量が増大を開始する。次いで、更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくするとスモークの発生量が急激に増大してピークに達する。次いで更にEGR率を高め、空燃比A/Fを小さくすると今度はスモークが急激に低下し、EGR率を65パーセント以上とし、空燃比A/Fが15.0付近になるとスモークがほぼ零となる。即ち、煤がほとんど発生しなくなる。このとき機関の出力トルクは若干低下し、またNO<sub>x</sub>の発生量がかなり低くなる。一方、このときHC、COの発生量は増大し始める。

20

#### 【0026】

図6(A)は空燃比A/Fが21付近でスモークの発生量が最も多いときの燃焼室5内の燃焼圧変化を示しており、図6(B)は空燃比A/Fが18付近でスモークの発生量がほぼ零のときの燃焼室5内の燃焼圧の変化を示している。図6(A)と図6(B)とを比較すればわかるようにスモークの発生量がほぼ零である図6(B)に示す場合はスモークの発生量が多い図6(A)に示す場合に比べて燃焼圧が低いことがわかる。

30

#### 【0027】

図5および図6に示される実験結果から次のことが言える。即ち、まず第1に空燃比A/Fが15.0以下でスモークの発生量がほぼ零のときには図5に示されるようにNO<sub>x</sub>の発生量がかなり低下する。NO<sub>x</sub>の発生量が低下したということは燃焼室5内の燃焼温度が低下していることを意味しており、従って煤がほとんど発生しないときには燃焼室5内の燃焼温度が低くなっていると言える。同じことが図6からも言える。即ち、煤がほとんど発生していない図6(B)に示す状態では燃焼圧が低くなっており、従ってこのとき燃焼室5内の燃焼温度は低くなっていることになる。

40

#### 【0028】

第2にスモークの発生量、即ち煤の発生量がほぼ零になると図5に示されるようにHCおよびCOの排出量が増大する。このことは炭化水素が煤まで成長せずに排出されることを意味している。即ち、燃料中に含まれる直鎖状炭化水素や芳香族炭化水素は酸素不足の状態温度上昇せしめられると熱分解して煤の前駆体が形成され、次いで主に炭素原子が集合した固体からなる煤が生成される。この場合、実際の煤の生成過程は複雑であり、煤の前駆体がどのような形態をとるかは明確ではないがいずれにしても燃料中に含まれる炭化水素は煤の前駆体を経て煤まで成長することになる。従って、上述したように煤の発生量がほぼ零になると図5に示される如くHCおよびCOの排出量が増大するがこのときのHCは煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素である。

50

## 【0029】

図5および図6に示される実験結果に基づくこれらの考察をまとめると燃焼室5内の燃焼温度が低いときには煤の発生量がほぼ零になり、このとき煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素が燃焼室5から排出されることになる。このことについて更に詳細に実験研究を重ねた結果、燃焼室5内における燃料およびその周囲のガス温度が或る温度以下である場合には煤の成長過程が途中で停止してしまい、即ち煤がほとんど発生せず、燃焼室5内における燃料およびその周囲の温度が或る温度以上になると煤が生成されることが判明したのである。

## 【0030】

ところで煤の前駆体の状態で炭化水素の生成過程が停止するときの燃料およびその周囲の温度、即ち上述の或る温度は燃料の種類や空燃比や圧縮比等の種々の要因によって変化するので何度であるかということとは言えないがこの或る温度は $\text{NO}_x$ の発生量と深い関係を有しており、従ってこの或る温度は $\text{NO}_x$ の発生量から或る程度規定することができる。即ち、EGR率が增大するほど燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度は低下し、 $\text{NO}_x$ の発生量が低下する。このとき $\text{NO}_x$ の発生量が $10 \text{ p.p.m}$ 前後又はそれ以下になったときに煤がほとんど発生しなくなる。従って上述の或る温度は $\text{NO}_x$ の発生量が $10 \text{ p.p.m}$ 前後又はそれ以下になったときの温度にほぼ一致する。

10

## 【0031】

一旦、煤が生成されるとこの煤は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって浄化することはできない。これに対して煤の前駆体又はその前の状態の炭化水素は酸化機能を有する触媒を用いた後処理でもって容易に浄化することができる。このように酸化機能を有する触媒による後処理を考えると炭化水素を煤の前駆体又はその前の状態で燃焼室5から排出させるか、或いは煤の形で燃焼室5から排出させるかについては極めて大きな差がある。

20

## 【0032】

さて、煤が生成される前の状態で炭化水素の成長を停止させるには燃焼室5内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制する必要がある。この場合、燃料およびその周囲のガス温度を抑制するには燃料が燃焼した際の燃料周りのガスの吸熱作用が極めて大きく影響することが判明している。

## 【0033】

即ち、燃料周りに空気しか存在しないと蒸発した燃料はただちに空気中の酸素と反応して燃焼する。この場合、燃料から離れている空気の温度はさほど上昇せず、燃料周りの温度のみが局部的に極めて高くなる。即ち、このときには燃料から離れている空気は燃料の燃焼熱の吸熱作用をほとんど行わない。この場合には燃焼温度が局部的に極めて高くなるために、この燃焼熱を受けた未燃炭化水素は煤を生成することになる。

30

## 【0034】

一方、多量の不活性ガスと少量の空気の混合ガス中に燃料が存在する場合には若干状況が異なる。この場合には蒸発燃料は周囲に拡散して不活性ガス中に混在する酸素と反応し、燃焼することになる。この場合には燃焼熱は周りの不活性ガスに吸収されるために燃焼温度はさほど上昇しなくなる。即ち、燃焼温度を低く抑えることができることになる。即ち、燃焼温度を抑制するには不活性ガスの存在が重要な役割を果しており、不活性ガスの吸熱作用によって燃焼温度を低く抑えることができることになる。

40

## 【0035】

この場合、燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に抑制するにはそうするのに十分な熱量を吸収しうるだけの不活性ガス量が必要となる。従って燃料量が増大すれば必要となる不活性ガス量はそれに伴って増大することになる。なお、この場合、不活性ガスの比熱が大きいほど吸熱作用は強力となり、従って不活性ガスは比熱の大きなガスが好ましいことになる。この点、 $\text{CO}_2$ やEGRガスは比較的比熱が大きいので不活性ガスとしてEGRガスを用いることは好ましいと言える。

## 【0036】

50



図7は不活性ガスとしてEGRガスを用い、EGRガスの冷却度合を変えたときのEGR率とスモークとの関係を示している。即ち、図7において曲線AはEGRガスを強力に冷却してEGRガス温をほぼ90に維持した場合を示しており、曲線Bは小型の冷却装置でEGRガスを冷却した場合を示しており、曲線CはEGRガスを強制的に冷却していない場合を示している。

【0037】

図7の曲線Aで示されるようにEGRガスを強力に冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し低いところで煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ55パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。一方、図7の曲線Bで示されるようにEGRガスを少し冷却した場合にはEGR率が50パーセントよりも少し高いと

10

【0038】

また、図7の曲線Cで示されるようにEGRガスを強制的に冷却していない場合にはEGR率が55パーセントの付近で煤の発生量がピークとなり、この場合にはEGR率をほぼ70パーセント以上にすれば煤がほとんど発生しなくなる。なお、図7は機関負荷が比較的高いときのスモークの発生量を示しており、機関負荷が小さくなると煤の発生量がピークとなるEGR率は若干低下し、煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限も若干低下する。このように煤がほとんど発生しなくなるEGR率の下限はEGRガスの冷却度合や機関負荷に応じて変化する。

20

【0039】

図8は不活性ガスとしてEGRガスを用いた場合において燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度にするために必要なEGRガスと空気の混合ガス量、およびこの混合ガス量中の空気の割合、およびこの混合ガス中のEGRガスの割合を示している。なお、図8において縦軸は燃焼室5内に吸入される全吸入ガス量を示しており、鎖線Yは過給が行われないうちに燃焼室5内に吸入しうる全吸入ガス量を示している。また、横軸は要求トルクを示している。

【0040】

図8を参照すると空気の割合、即ち混合ガス中の空気量は噴射された燃料を完全に燃焼せしめるのに必要な空気量を示している。即ち、図8に示される場合では空気量と噴射燃料量との比は理論空燃比となっている。一方、図8においてEGRガスの割合、即ち混合ガス中のEGRガス量は噴射燃料が燃焼せしめられたときに燃料およびその周囲のガス温度を煤が形成される温度よりも低い温度にするのに必要最低限のEGRガス量を示している。このEGRガス量はEGR率で表すとほぼ55パーセント以上であり、図8に示す実施例では70パーセント以上である。即ち、燃焼室5内に吸入された全吸入ガス量を図8において実線Xとし、この全吸入ガス量Xのうちの空気量とEGRガス量との割合を図8に示すような割合にすると燃料およびその周囲のガス温度は煤が生成される温度よりも低い温度となり、斯くして煤がほとんど発生しなくなる。また、このときのNO<sub>x</sub>発生量は10 p.p.m.前後、又はそれ以下であり、従ってNO<sub>x</sub>の発生量は極めて少量となる。

30

40

【0041】

燃料噴射量が増大すれば燃料が燃焼した際の発熱量が増大するので燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持するためにはEGRガスによる熱の吸収量を増大しなければならない。従って図8に示されるようにEGRガス量は噴射燃料量が増大するにつれて増大せしめなければならない。即ち、EGRガス量は要求トルクが高くなるにつれて増大する必要がある。

【0042】

ところで過給が行われていない場合には燃焼室5内に吸入される全吸入ガス量Xの上限はYであり、従って図8において要求トルクがL。よりも大きい領域では要求トルクが大きくなるにつれてEGRガス割合を低下させない限り空燃比を理論空燃比に維持すること

50

ができない。云い換えると過給が行われていない場合に要求トルクが $L_0$ 。よりも大きい領域において空燃比を理論空燃比に維持しようとした場合には要求トルクが高くなるにつれてEGR率が低下し、斯くして要求トルクが $L_0$ 。よりも大きい領域では燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持しえなくなる。

#### 【0043】

ところが図1および図3に示されるようにEGR通路27を介して過給機の入口側、即ち排気ターボチャージャ15のコンプレッサ16上流の吸気ダクト17内にEGRガスを再循環させると要求トルクが $L_0$ 。よりも大きい領域においてEGR率を55パーセント以上、例えば70パーセントに維持することができ、斯くして燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。即ち、吸気ダクト17内におけるEGR率が例えば70パーセントになるようにEGRガスを再循環させれば排気ターボチャージャ15のコンプレッサ16により昇圧された吸入ガスのEGR率も70パーセントとなり、斯くしてコンプレッサ16により昇圧しうる限度まで燃料およびその周囲のガス温度を煤が生成される温度よりも低い温度に維持することができる。従って、低温燃焼を生じさせることのできる機関の運転領域を拡大することができることになる。

10

#### 【0044】

なお、この場合、要求トルクが $L_0$ 。よりも大きい領域でEGR率を55パーセント以上にする際にはEGR制御弁29が全開せしめられ、スロットル弁21が若干閉弁せしめられる。

前述したように図8は燃料を理論空燃比のもとで燃焼させる場合を示しているが空気量を図8に示される空気量よりも少くしても、即ち空燃比をリッチにしても煤の発生を阻止しつつ $NO_x$ の発生量を10ppm前後又はそれ以下にすることができ、また空気量を図8に示される空気量よりも多くしても、即ち空燃比の平均値を17から18のリーンにしても煤の発生を阻止しつつ $NO_x$ の発生量を10ppm前後又はそれ以下にすることができる。

20

#### 【0045】

即ち、空燃比がリッチにされると燃料が過剰となるが燃焼温度が低い温度に抑制されているために過剰な燃料は煤まで成長せず、斯くして煤が生成されることはほとんどない。また、このとき $NO_x$ も極めて少量しか発生しない。一方、平均空燃比がリーンのとき、或いは空燃比が理論空燃比のときでも燃焼温度が高くなれば少量の煤が生成されるが本発明における燃焼方法のもとでは燃焼温度が低い温度に抑制されているので煤はほとんど生成されない。更に、 $NO_x$ も極めて少量しか発生しない。

30

#### 【0046】

このように、低温燃焼が行われているときには空燃比にかかわらずに、即ち空燃比がリッチであろうと、理論空燃比であろうと、或いは平均空燃比がリーンであろうと煤がほとんど発生せず、 $NO_x$ の発生量が極めて少量となる。従って燃料消費率の向上を考えるとこのとき平均空燃比をリーンにすることが好ましいと言える。

#### 【0047】

一方、この低温燃焼を行うと燃料およびその周囲のガス温は低くなるが排気ガス温は上昇する。このことについて図9(A)、(B)を参照しつつ説明する。図9(A)の実線は低温燃焼が行われたときの燃焼室5内の平均ガス温 $T_g$ とクランク角との関係を示しており、図9(A)の破線は通常の燃焼が行われたときの燃焼室5内の平均ガス温 $T_g$ とクランク角との関係を示している。また、図9(B)の実線は低温燃焼が行われたときの燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ とクランク角との関係を示しており、図9(B)の破線は通常の燃焼が行われたときの燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ とクランク角との関係を示している。

40

#### 【0048】

低温燃焼が行われているときには通常の燃焼が行われているときに比べてEGRガス量が多く、従って図9(A)に示されるように圧縮上死点前は、即ち圧縮工程中は実線で示す低温燃焼時における平均ガス温 $T_g$ のほうが破線で示す通常の燃焼時における平均ガス温

50

$T_g$ よりも高くなっている。なお、このとき図9(B)に示されるように燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ は平均ガス温 $T_g$ とほぼ同じ温度になっている。

【0049】

次いで圧縮上死点付近において燃焼が開始されるがこの場合、低温燃焼が行われているときには図9(B)の実線で示されるようにEGRガスの吸熱作用により燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ はさほど高くない。これに対して通常の燃焼が行われている場合には燃料周りに多量の酸素が存在するために図9(B)の破線で示されるように燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ は極めて高くなる。このように通常の燃焼が行われた場合には燃料およびその周囲のガス温 $T_f$ は低温燃焼が行われている場合に比べてかなり高くなるが大部分を占めるそれ以外のガスの温度は低温燃焼が行われている場合に比べて通常の燃焼が行われている場合の方が低くなっており、従って図9(A)に示されるように圧縮上死点付近における燃焼室5内の平均ガス温 $T_g$ は低温燃焼が行われている場合の方が通常の燃焼が行われている場合に比べて高くなる。その結果、図9(A)に示されるように燃焼が完了した後の燃焼室5内の既燃ガス温は低温燃焼が行われた場合の方が通常の燃焼が行われた場合に比べて高くなり、斯くして低温燃焼を行うと排気ガス温が高くなる。

10

【0050】

ところで燃焼室内における燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制しうるのは燃焼による発熱量が比較的少ない機関中低負荷運転時に限られる。従って本発明による実施例では機関中低負荷運転時には燃焼時の燃料およびその周囲のガス温度を炭化水素の成長が途中で停止する温度以下に抑制して第1の燃焼、即ち低温燃焼を行うようにし、機関高負荷運転時には第2の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼を行うようにしている。なお、ここで第1の燃焼、即ち低温燃焼とはこれまでの説明から明らかなように煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が多く煤がほとんど発生しない燃焼のことを言い、第2の燃焼、即ち従来より普通に行われている燃焼とは煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少い燃焼のことを言う。

20

【0051】

図10は第1の燃焼、即ち低温燃焼が行われる第1の運転領域Iと、第2の燃焼、即ち従来の燃焼方法による燃焼が行われる第2の運転領域IIとを示している。なお、図10において縦軸TQは要求トルクを示しており、横軸Nは機関回転数を示している。また、図10においてX(N)は第1の運転領域Iと第2の運転領域IIとの第1の境界を示しており、Y(N)は第1の運転領域Iと第2の運転領域IIとの第2の境界を示している。第1の運転領域Iから第2の運転領域IIへの運転領域の変化判断は第1の境界X(N)に基づいて行われ、第2の運転領域IIから第1の運転領域Iへの運転領域の変化判断は第2の境界Y(N)に基づいて行われる。

30

【0052】

即ち、機関の運転状態が第1の運転領域Iにあって低温燃焼が行われているときに要求負荷Lが機関回転数Nの関数である第1の境界X(N)を越えると運転領域が第2の運転領域IIに移ったと判断され、従来の燃焼方法による燃焼が行われる。次いで要求負荷Lが機関回転数Nの関数である第2の境界Y(N)よりも低くなると運転領域が第1の運転領域Iに移ったと判断され、再び低温燃焼が行われる。

40

【0053】

このように第1の境界X(N)と第1の境界X(N)よりも低負荷側の第2の境界Y(N)との二つの境界を設けたのは次の二つの理由による。第1の理由は、第2の運転領域IIの高負荷側では比較的燃焼温度が高く、このとき要求トルクTQが第1の境界X(N)より低くなったとしてもただちに低温燃焼を行えないからである。即ち、要求トルクTQがかなり低くなったとき、即ち第2の境界Y(N)よりも低くなったときでなければただちに低温燃焼が開始されないからである。第2の理由は第1の運転領域Iと第2の運転領域II間の運転領域の変化に対してヒステリシスを設けるためである。

【0054】

50

次に図 1 1 を参照しつつ第 1 の運転領域 I および第 2 の運転領域 I I における運転制御について概略的に説明する。

図 1 1 は要求トルク T Q に対するスロットル弁 2 1 の開度、E G R 制御弁 2 9 の開度、E G R 率、空燃比、噴射時期および噴射量を示している。図 1 1 に示されるように要求トルク T Q の低い第 1 の運転領域 I ではスロットル弁 2 1 の開度は要求トルク T Q が高くなるにつれて全閉近くから 2 / 3 開度程度まで徐々に増大せしめられ、E G R 制御弁 2 9 の開度は要求トルク T Q が高くなるにつれて全閉近くから全開まで徐々に増大せしめられる。また、図 1 1 に示される例では第 1 の運転領域 I では E G R 率がほぼ 7 0 パーセントとされており、空燃比はわずかばかりリーンなリーン空燃比とされている。

【 0 0 5 5 】

言い換えると第 1 の運転領域 I では E G R 率がほぼ 7 0 パーセントとなり、空燃比がわずかばかりリーンなリーン空燃比となるようにスロットル弁 2 1 の開度および E G R 制御弁 2 9 の開度が制御される。また、第 1 の運転領域 I では圧縮上死点 T D C 前に燃料噴射が行われる。この場合、噴射開始時期 S は要求トルク T Q が高くなるにつれて遅くなり、噴射完了時期 E も噴射開始時期 S が遅くなるにつれて遅くなる。

【 0 0 5 6 】

なお、アイドリング運転時にはスロットル弁 2 1 は全閉近くまで閉弁され、このとき E G R 制御弁 2 9 も全閉近くまで閉弁せしめられる。スロットル弁 2 1 を全閉近くまで閉弁すると圧縮始めの燃焼室 5 内の圧力が低くなるために圧縮圧力が小さくなる。圧縮圧力が小さくなるとピストン 4 による圧縮仕事が小さくなるために機関本体 1 の振動が小さくなる。即ち、アイドリング運転時には機関本体 1 の振動を抑制するためにスロットル弁 2 1 が全閉近くまで閉弁せしめられる。

【 0 0 5 7 】

一方、機関の運転領域が第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 I I に変わるとスロットル弁 2 1 の開度が 2 / 3 開度程度から全開方向へステップ状に増大せしめられる。このとき図 1 1 に示す例では E G R 率がほぼ 7 0 パーセントから 4 0 パーセント以下までステップ状に減少せしめられ、空燃比がステップ状に大きくされる。即ち、E G R 率が多量のスモークを発生する E G R 率範囲 ( 図 7 ) を飛び越えるので機関の運転領域が第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 I I に変わるときに多量のスモークが発生することがない。

【 0 0 5 8 】

第 2 の運転領域 I I では第 2 の燃焼、即ち従来から行われている燃焼が行われる。この燃焼方法では煤および N O x が若干発生するが低温燃焼に比べて熱効率が高く、従って機関の運転領域が第 1 の運転領域 I から第 2 の運転領域 I I に変わると図 1 1 に示されるように噴射量がステップ状に低減せしめられる。この第 2 の運転領域 I I ではスロットル弁 2 1 は一部を除いて全開状態に保持され、E G R 制御弁 2 9 の開度は要求トルク T Q が高くなると次第に小さくされる。また、この運転領域 I I では E G R 率は要求トルク T Q が高くなるほど低くなり、空燃比は要求トルク T Q が高くなるほど小さくなる。ただし、空燃比は要求トルク T Q が高くなってもリーン空燃比とされる。また、第 2 の運転領域 I I では噴射開始時期 S が圧縮上死点付近とされている。

【 0 0 5 9 】

図 1 2 は第 1 の運転領域 I における空燃比 A / F を示している。図 1 2 において、A / F = 1 5 . 5 , A / F = 1 6 , A / F = 1 7 , A / F = 1 8 で示される各曲線は夫々空燃比が 1 5 . 5 , 1 6 , 1 7 , 1 8 であるときを示しており、各曲線間の空燃比は比例配分により定められる。図 1 2 に示されるように第 1 の運転領域 I では空燃比がリーンとなっており、更に第 1 の運転領域 I では要求トルク T Q が低くなるほど空燃比 A / F がリーンとされる。

【 0 0 6 0 】

即ち、要求トルク T Q が低くなるほど燃焼による発熱量が少くなる。従って要求トルク T Q が低くなるほど E G R 率を低下させても低温燃焼を行うことができる。E G R 率を低下させると空燃比は大きくなり、従って図 1 2 に示されるように要求トルク T Q が低くなる

10

20

30

40

50

につれて空燃比  $A/F$  が大きくされる。空燃比  $A/F$  が大きくなるほど燃料消費率は向上し、従ってできる限り空燃比をリーンにするために本発明による実施例では要求トルク  $TQ$  が低くなるにつれて空燃比  $A/F$  が大きくされる。

【0061】

第1の運転領域 I における噴射量  $Q$  は図13(A)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されており、第1の運転領域 I における噴射開始時期  $S$  は図13(B)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されている。

【0062】

また、空燃比を機関の運転状態に応じた図12に示す目標空燃比  $A/F$  としかつ EGR 率を機関の運転状態に応じた目標 EGR 率とするのに必要なスロットル弁21の目標開度  $ST$  が図14(A)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されており、空燃比を機関の運転状態に応じた図12に示す目標空燃比  $A/F$  としかつ EGR 率を機関の運転状態に応じた目標 EGR 率とするのに必要な EGR 制御弁29の目標開度  $SE$  が図14(B)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されている。

【0063】

図15は第2の燃焼、即ち従来の燃焼方法による普通の燃焼が行われるときの目標空燃比を示している。なお、図15において  $A/F = 24$  ,  $A/F = 35$  ,  $A/F = 45$  ,  $A/F = 60$  で示される各曲線は夫々目標空燃比24, 35, 45, 60を示している。

第2の燃焼が行われるときの噴射量  $Q$  は図16(A)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されており、第2の燃焼が行われるときの噴射開始時期  $S$  は図16(B)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されている。

【0064】

また、空燃比を機関の運転状態に応じた図15に示す目標空燃比  $A/F$  としかつ EGR 率を機関の運転状態に応じた目標 EGR 率とするのに必要なスロットル弁21の目標開度  $ST$  が図17(A)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されており、空燃比を機関の運転状態に応じた図15に示す目標空燃比  $A/F$  としかつ EGR 率を機関の運転状態に応じた目標 EGR 率とするのに必要な EGR 制御弁29の目標開度  $SE$  が図17(B)に示されるように要求トルク  $TQ$  および機関回転数  $N$  の関数としてマップの形で予めROM52内に記憶されている。

【0065】

次に図1および図3においてケーシング25内に收容されているパーティキュレートフィルタ24の構造について図18を参照しつつ説明する。なお、図18において(A)はパーティキュレートフィルタ24の正面図を示しており、(B)はパーティキュレートフィルタ24の側面断面図を示している。図18(A)および(B)に示されるようにパーティキュレートフィルタ24はハニカム構造をなしており、互いに平行をなして延びる複数個の排気流通路60, 61を具備する。これら排気流通路は下流端が栓62により閉塞された排気ガス流入通路60と、上流端が栓63により閉塞された排気ガス流出通路61とにより構成される。なお、図18(A)においてハッチングを付した部分は栓63を示している。従って排気ガス流入通路60および排気ガス流出通路61は薄肉の隔壁64を介して交互に配置される。言い換えると排気ガス流入通路60および排気ガス流出通路61は各排気ガス流入通路60が4つの排気ガス流出通路61によって包囲され、各排気ガス流出通路61が4つの排気ガス流入通路60によって包囲されるように配置される。

【0066】

パーティキュレートフィルタ24は例えばコーザイトのような多孔質材料から形成されており、従って排気ガス流入通路60内に流入した排気ガスは図18(B)において矢印で示されるように周囲の隔壁64内を通過して隣接する排気ガス流出通路61内に流出する。本発明による実施例では各排気ガス流入通路60および各排気ガス流出通路61の周壁面

、即ち各隔壁64の両側表面上および隔壁64内の細孔内壁面上には例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒、および周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤が担持されている。

【0067】

この場合、本発明による実施例では貴金属触媒として白金Ptが用いられており、活性酸素放出剤としてカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRbのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCa、ストロンチウムSrのようなアルカリ土類金属、ランタンLa、イットリウムY、セリウムCeのような希土類、および遷移金属から選ばれた少くとも一つが用いられている。

10

【0068】

なお、この場合活性酸素放出剤としてはカルシウムCaよりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウムK、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRb、バリウムBa、ストロンチウムSrを用いることが好ましい。

次にパティキュレートフィルタ24による排気ガス中の微粒子除去作用について担体上に白金PtおよびカリウムK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、アルカリ土類金属、希土類、遷移金属を用いても同様な微粒子除去作用が行われる。

【0069】

図1および図3に示されるような圧縮着火式内燃機関では空気過剰のもとで燃焼が行われ、従って排気ガスは多量の過剰空気を含んでいる。即ち、吸気通路、燃焼室5および排気通路内に供給された空気と燃料との比を排気ガスの空燃比と称すると図1および図3に示されるような圧縮着火式内燃機関では排気ガスの空燃比はリーンとなっている。また、燃焼室5内ではNOが発生するので排気ガス中にはNOが含まれている。また、燃料中にはイオウSが含まれており、このイオウSは燃焼室5内で酸素と反応してSO<sub>2</sub>となる。従って排気ガス中にはSO<sub>2</sub>が含まれている。従って過剰酸素、NOおよびSO<sub>2</sub>を含んだ排気ガスがパティキュレートフィルタ24の排気ガス流入通路60内に流入することになる。

20

【0070】

図19(A)および(B)は排気ガス流入通路60の内周面および隔壁64内の細孔内壁面上に形成された担体層の表面の拡大図を模式的に表わしている。なお、図19(A)および(B)において70は白金Ptの粒子を示しており、71はカリウムKを含んでいる活性酸素放出剤を示している。

30

上述したように排気ガス中には多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュレートフィルタ24の排気ガス流入通路60内に流入すると図19(A)に示されるようにこれら酸素O<sub>2</sub>がO<sub>2</sub>又はO<sup>2-</sup>の形で白金Ptの表面に付着する。一方、排気ガス中のNOは白金Ptの表面上でO<sub>2</sub>又はO<sup>2-</sup>と反応し、NO<sub>2</sub>となる(2NO + O<sub>2</sub> → 2NO<sub>2</sub>)。次いで生成されたNO<sub>2</sub>の一部は白金Pt上で酸化されつつ活性酸素放出剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら図19(A)に示されるように硝酸イオンNO<sub>3</sub>の形で活性酸素放出剤71内に拡散し、一部の硝酸イオンNO<sub>3</sub>は硝酸カリウムKNO<sub>3</sub>を生成する。

40

【0071】

一方、上述したように排気ガス中にはSO<sub>2</sub>も含まれており、このSO<sub>2</sub>もNOと同様なメカニズムによって活性酸素放出剤71内に吸収される。即ち、上述したように酸素O<sub>2</sub>がO<sub>2</sub>又はO<sup>2-</sup>の形で白金Ptの表面に付着しており、排気ガス中のSO<sub>2</sub>は白金Ptの表面でO<sub>2</sub>又はO<sup>2-</sup>と反応してSO<sub>3</sub>となる。次いで生成されたSO<sub>3</sub>の一部は白金Pt上で更に酸化されつつ活性酸素放出剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら硫酸イオンSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の形で活性酸素放出剤71内に拡散し、硫酸カリウムK<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>を生成する。このようにして活性酸素放出触媒71内には硝酸カリウムKNO<sub>3</sub>および硫酸カリウムK<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>が生成される。

50

## 【 0 0 7 2 】

一方、燃焼室 5 内においては主にカーボン C からなる微粒子、即ち煤が生成され、従って排気ガス中にはこれら微粒子が含まれている。ただし、前述したように低温燃焼が行われているときには排気ガス中の微粒子量は極めて少量となる。いずれにしても排気ガス中に含まれているこれら微粒子は排気ガスがパティキュレートフィルタ 2 4 の排気ガス流入通路 6 0 内を流れているときに、或いは排気ガス流入通路 6 0 から排気ガス流出通路 6 1 に向かうときに図 1 9 ( B ) において 7 2 で示されるように担体層の表面、例えば活性酸素放出剤 7 1 の表面上に接触し、付着する。

## 【 0 0 7 3 】

このように微粒子 7 2 が活性酸素放出剤 7 1 の表面上に付着すると微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面では酸素濃度が低下する。酸素濃度が低下すると酸素濃度の高い活性酸素放出剤 7 1 内との間で濃度差が生じ、斯くして活性酸素放出剤 7 1 内の酸素が微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面に向けて移動しようとする。その結果、活性酸素放出剤 7 1 内に形成されている硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  がカリウム K と酸素 O と NO とに分解され、酸素 O が微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面に向かい、NO が活性酸素放出剤 7 1 から外部に放出される。外部に放出された NO は下流側の白金 Pt 上において酸化され、再び活性酸素放出剤 7 1 内に吸収される。

10

## 【 0 0 7 4 】

一方、このとき活性酸素放出剤 7 1 内に形成されている硫酸カリウム  $\text{K}_2\text{SO}_4$  もカリウム K と酸素 O と  $\text{SO}_2$  とに分解され、酸素 O が微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面に向かい、 $\text{SO}_2$  が活性酸素放出剤 7 1 から外部に放出される。外部に放出された  $\text{SO}_2$  は下流側の白金 Pt 上において酸化され、再び活性酸素放出剤 7 1 内に吸収される。

20

## 【 0 0 7 5 】

一方、微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面に向かう酸素 O は硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$  や硫酸カリウム  $\text{K}_2\text{SO}_4$  のような化合物から分解された酸素である。化合物から分解された酸素 O は高いエネルギーを有しており、極めて高い活性を有する。従って微粒子 7 2 と活性酸素放出剤 7 1 との接触面に向かう酸素は活性酸素 O となっている。これら活性酸素 O が微粒子 7 2 に接触すると微粒子 7 2 は短時間のうちに輝炎を発生することなく酸化せしめられ、微粒子 7 2 は完全に消滅する。従って微粒子 7 2 はパティキュレートフィルタ 2 4 上に堆積することがない。なお、このようにパティキュレートフィルタ 2 4 上に付着した微粒子 7 2 は活性酸素 O によって酸化せしめられるがこれら微粒子 7 2 は排気ガス中の酸素によっても酸化せしめられる。

30

## 【 0 0 7 6 】

パティキュレートフィルタ 2 4 上に積層状に堆積した微粒子が燃焼せしめられるときにはパティキュレートフィルタ 2 4 が赤熱し、火炎を伴って燃焼する。このような火炎を伴う燃焼は高温でないと持続せず、従ってこのような火炎を伴う燃焼を持続させるためにはパティキュレートフィルタ 2 4 の温度を高温に維持しなければならない。

## 【 0 0 7 7 】

これに対して本発明による実施例では微粒子 7 2 は上述したように輝炎を発生することなく酸化せしめられ、このときパティキュレートフィルタ 2 4 の表面が赤熱することもない。即ち、言い換えると本発明による実施例ではかなり低い温度でもって微粒子 7 2 が酸化除去せしめられている。従って本発明の実施例における輝炎を発生しない微粒子 7 2 の酸化による微粒子除去作用は、火炎を伴う燃焼による微粒子除去作用と全く異なっている。

40

## 【 0 0 7 8 】

ところで白金 Pt および活性酸素放出剤 7 1 はパティキュレートフィルタ 2 4 の温度が高くなるほど活性化するので単位時間当りに活性酸素放出剤 7 1 が放出しうる活性酸素 O の量はパティキュレートフィルタ 2 4 の温度が高くなるほど増大する。従ってパティキュレートフィルタ 2 4 上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量はパティキュレートフィルタ 2 4 の温度が高くなるほど増大する。

50

## 【 0 0 7 9 】

図 2 1 の実線は単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量  $G$  を示している。なお、図 2 1 において横軸はパティキュレートフィルタ 2 4 の温度  $T_F$  を示している。単位時間当りに燃焼室 5 から排出される微粒子の量を排出微粒子量  $M$  と称するとこの排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子  $G$  よりも少ないとき、即ち図 2 1 の領域 I では燃焼室 5 から排出された全ての微粒子がパティキュレートフィルタ 2 4 に接触するや否や短時間のうちにパティキュレートフィルタ 2 4 上において輝炎を発生することなく酸化除去せしめられる。

## 【 0 0 8 0 】

これに対し、排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも多いとき、即ち図 2 1 の領域 II では全ての微粒子を酸化するには活性酸素量が不足している。図 2 0 ( A ) ~ ( C ) はこのような場合の微粒子の酸化の様子を示している。

即ち、全ての微粒子を酸化するには活性酸素量が不足している場合には図 2 0 ( A ) に示すように微粒子 7 2 が活性酸素放出剤 7 1 上に付着すると微粒子 7 2 の一部のみが酸化され、十分に酸化されなかった微粒子部分が担体層上に残留する。次いで活性酸素量が不足している状態が継続すると次から次へと酸化されなかった微粒子部分が担体層上に残留し、その結果図 2 0 ( B ) に示されるように担体層の表面が残留微粒子部分 7 3 によって覆われるようになる。

## 【 0 0 8 1 】

担体層の表面を覆うこの残留微粒子部分 7 3 は次第に酸化されにくいカーボン質に変質し、斯くしてこの残留微粒子部分 7 3 はそのまま残留しやすくなる。また、担体層の表面が残留微粒子部分 7 3 によって覆われると白金  $Pt$  による  $NO$ 、 $SO_2$  の酸化作用および活性酸素放出剤 7 1 による活性酸素の放出作用が抑制される。その結果、図 2 0 ( C ) に示されるように残留微粒子部分 7 3 の上に別の微粒子 7 4 が次から次へと堆積する。即ち、微粒子が積層状に堆積することになる。このように微粒子が積層状に堆積するとこれら微粒子は白金  $Pt$  や活性酸素放出剤 7 1 から距離を隔てているためにたとえ酸化されやすい微粒子であってももはや活性酸素  $O$  によって酸化されることがなく、従ってこの微粒子 7 4 上に更に別の微粒子が次から次へと堆積する。即ち、排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも多い状態が継続するとパティキュレートフィルタ 2 4 上には微粒子が積層状に堆積し、斯くして排気ガス温を高温にするか、或いはパティキュレートフィルタ 2 4 の温度を高温にしない限り、堆積した微粒子を着火燃焼させることができなくなる。

## 【 0 0 8 2 】

このように図 2 1 の領域 I では微粒子はパティキュレートフィルタ 2 4 上において輝炎を発生することなく短時間のうちに酸化せしめられ、図 2 1 の領域 II では微粒子がパティキュレートフィルタ 2 4 上に積層状に堆積する。従って微粒子がパティキュレートフィルタ 2 4 上に積層状に堆積しないようにするためには排出微粒子量  $M$  を常時酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも少くしておく必要がある。

## 【 0 0 8 3 】

図 2 1 からわかるように本発明の実施例で用いられているパティキュレートフィルタ 2 4 ではパティキュレートフィルタ 2 4 の温度  $T_F$  がかなり低くても微粒子を酸化させることが可能であり、従って図 1 および図 3 に示す圧縮着火式内燃機関において排出微粒子量  $M$  およびパティキュレートフィルタ 2 4 の温度  $T_F$  を排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも通常少なくなるように維持することが可能である。従って本発明による実施例においては排出微粒子量  $M$  およびパティキュレートフィルタ 2 4 の温度  $T_F$  を排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも通常少なくなるように維持するようにしている。

## 【 0 0 8 4 】

このように排出微粒子量  $M$  が酸化除去可能微粒子量  $G$  よりも通常少なくなるように維持するとパティキュレートフィルタ 2 4 上に微粒子が全く堆積しなくなる。その結果、パティキュレートフィルタ 2 4 における排気ガス流の圧損は全くと言っていいほど変化することなくほぼ一定の最小圧損値に維持される。斯くして機関の出力低下を最小限に維持するこ



とができる。

【0085】

また、微粒子の酸化による微粒子除去作用はかなり低温でもって行われる。従ってパーティキュレートフィルタ24の温度はさほど上昇せず、斯くしてパーティキュレートフィルタ24が劣化する危険性はほとんどない。また、パーティキュレートフィルタ24上に微粒子が全く堆積しないのでアッシュが凝集する危険性が少なく、従ってパーティキュレートフィルタ24が目詰まりする危険性が少なくなる。

【0086】

ところでこの目詰まりは主に硫酸カルシウム $CaSO_4$ によって生ずる。即ち、燃料や潤滑油はカルシウムCaを含んでおり、従って排気ガス中にカルシウムCaが含まれている。このカルシウムCaは $SO_3$ が存在すると硫酸カルシウム $CaSO_4$ を生成する。この硫酸カルシウム $CaSO_4$ は固体であって高温になっても熱分解しない。従って硫酸カルシウム $CaSO_4$ が生成され、この硫酸カルシウム $CaSO_4$ によってパーティキュレートフィルタ24の細孔が閉塞されると目詰まりを生ずることになる。

【0087】

しかしながらこの場合、活性酸素放出剤71としてカルシウムCaよりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、例えばカリウムKを用いると活性酸素放出剤71内に拡散する $SO_3$ はカリウムKと結合して硫酸カリウム $K_2SO_4$ を形成し、カルシウムCaは $SO_3$ と結合することなくパーティキュレートフィルタ24の隔壁64を通過して排気ガス流出通路61内に流出する。従ってパーティキュレートフィルタ24の細孔が目詰まりすることがなくなる。従って前述したように活性酸素放出剤71としてはカルシウムCaよりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウムK、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRb、バリウムBa、ストロンチウムSrを用いることが好ましいことになる。

【0088】

さて、本発明による実施例では基本的に全ての運転状態において排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるように維持することを意図している。しかしながら実際には全ての運転状態において排出微粒子量Mを酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくすることはほとんど不可能である。例えば機関始動時には通常パーティキュレートフィルタ24の温度は低く、従ってこのときには通常排出微粒子量Mの方が酸化除去可能微粒子量Gよりも多くなる。従って本発明による実施例では機関始動直後のような特別の場合を除いて通常継続的に排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるようにしている。

【0089】

なお、機関始動直後におけるように排出微粒子量Mの方が酸化除去可能微粒子量Gよりも多くなるとパーティキュレートフィルタ24上に酸化されなかった微粒子部分が残留しはじめる。しかしながらこのように酸化されなかった微粒子部分が残留しはじめているときに、即ち微粒子が一定限度以下しか堆積していないときに排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるとこの残留微粒子部分は活性酸素Oによって輝炎を発生することなく酸化除去される。従って本発明による実施例では機関始動直後のような特別の運転状態のときには、排出微粒子量Mが酸化除去可能微粒子量Gより少なくなったときに酸化除去しうる一定限度以下の量の微粒子しかパーティキュレートフィルタ24上に積層しないように排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度TFが維持される。

【0090】

また、このように排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度TFを維持するようにしていたとしても何らかの理由によりパーティキュレートフィルタ24上に微粒子が積層状に堆積する場合がある。このような場合であっても排気ガスの一部又は全体の空燃比が一時的にリッチにされるとパーティキュレートフィルタ24上に堆積した微粒子は輝炎を発生することなく酸化せしめられる。即ち、排気ガスの空燃比がリッチにされると、即ち排気ガス中の酸素濃度が低下せしめられると活性酸素放出剤71から外部に活性酸素

10

20

30

40

50

Oが一気に放出され、これら一気に放出された活性酸素Oによって堆積した微粒子が輝炎を発することなく一気に短時間で酸化除去せしめられる。

【0091】

さて、前述したように本発明による実施例ではパティキュレートフィルタ24の各隔壁64の両側面上および隔壁64内の細孔内壁面上には例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒および活性酸素放出剤が担持されている。更に本発明による実施例ではこの担体上に貴金属触媒、およびパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には排気ガス中に含まれる $\text{NO}_x$ を吸収しパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤が担持されている。

10

【0092】

本発明による実施例ではこの貴金属触媒として白金Ptが用いられており、 $\text{NO}_x$ 吸収剤としてカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCs、ルビジウムRbのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCa、ストロンチウムSr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くとも一つが用いられている。なお、前述した活性酸素放出剤を構成する金属と比較すればわかるように $\text{NO}_x$ 吸収剤を構成する金属と、活性酸素放出剤を構成する金属とは大部分が一致している。

【0093】

この場合、 $\text{NO}_x$ 吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることもできるし、同一の金属を用いることもできる。 $\text{NO}_x$ 吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いた場合には $\text{NO}_x$ 吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになる。

20

次に貴金属触媒として白金Ptを用い、 $\text{NO}_x$ 吸収剤としてカリウムKを用いた場合を例にとって $\text{NO}_x$ の吸放出作用について説明する。

【0094】

まず初めに $\text{NO}_x$ の吸収作用について検討すると $\text{NO}_x$ は図19(A)に示すメカニズムと同じメカニズムでもって $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収される。ただし、この場合図19(A)において符号71は $\text{NO}_x$ 吸収剤を示す。

即ち、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には排気ガス中に多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュレートフィルタ24の排気ガス流入通路60内に流入すると図19(A)に示されるようにこれら酸素 $\text{O}_2$ が $\text{O}_2$ 又は $\text{O}^{\cdot}$ の形で白金Ptの表面に付着する。一方、排気ガス中のNOは白金Ptの表面上で $\text{O}_2$ 又は $\text{O}^{\cdot}$ と反応し、 $\text{NO}_2$ となる( $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ )。次いで生成された $\text{NO}_2$ の一部は白金Pt上で酸化されつつ $\text{NO}_x$ 吸収剤71内に吸収され、カリウムKと結合しながら図19(A)に示されるように硝酸イオン $\text{NO}_3^-$ の形で $\text{NO}_x$ 吸収剤71内に拡散し、一部の硝酸イオン $\text{NO}_3^-$ は硝酸カリウム $\text{KNO}_3$ を生成する。このようにしてNOが $\text{NO}_x$ 吸収剤71内に吸収される。

30

【0095】

一方、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスがリッチになると硝酸イオン $\text{NO}_3^-$ は酸素とOとNOに分解され、次から次へと $\text{NO}_x$ 吸収剤71からNOが放出される。従ってパティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると短時間のうちに $\text{NO}_x$ 吸収剤71からNOが放出され、しかもこの放出されたNOが還元されるために大気中にNOが排出されることはない。

40

【0096】

なお、この場合、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比にしても $\text{NO}_x$ 吸収剤71からNOが放出される。しかしながらこの場合には $\text{NO}_x$ 吸収剤71からNOが徐々にしか放出されないために $\text{NO}_x$ 吸収剤71に吸収されている全 $\text{NO}_x$ を放出させるには若干長い時間を要する。

50

ところで前述したように $\text{NO}_x$  吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることができる。しかしながら本発明による実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いている。この場合には前述したように $\text{NO}_x$  吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになり、このように双方の機能を同時に果すものを以下、活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤と称する。従って本発明による実施例では図19(A)における符号71は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤を示している。

#### 【0097】

このような活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71を用いた場合、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリーンときには排気ガス中に含まれる $\text{NO}$ は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71に吸収され、排気ガス中に含まれる微粒子が活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71に付着するとこの微粒子は排気ガス中に含まれる活性酸素および活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71から放出される活性酸素によって短時間のうちに酸化除去せしめられる。従ってこのとき排気ガス中の微粒子および $\text{NO}_x$  の双方が大気中に排出されるのを阻止することができることになる。

#### 【0098】

一方、パティキュレートフィルタ24に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71から $\text{NO}$ が放出される。この $\text{NO}$ は未燃 $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ により還元され、斯くしてこのときにも $\text{NO}$ が大気中に排出されることがない。また、このときパティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積していた場合にはこの微粒子は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71から放出される活性酸素によって酸化除去せしめられる。

#### 【0099】

ところで図21を参照しつつ既に説明したように活性酸素放出剤71からの活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度がかなり低いときから開始される。これは活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71を用いたときでも同じである。これに対して $\text{NO}_x$  吸収剤又は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71への $\text{NO}_x$  の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が活性酸素の放出開始温度よりも高くなると開始されない。これは、活性酸素の放出は例えば硝酸カリウム $\text{KNO}_3$  から酸素を奪えば生ずるのに対して $\text{NO}_x$  の吸収作用は白金 $\text{Pt}$ が活性化しないと開始されないからであると考えられる。

#### 【0100】

図22は $\text{NO}_x$  吸収剤又は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71としてカリウム $\text{K}$ を用いた場合の酸化除去可能微粒子量 $G$ と $\text{NO}_x$  吸収率とを示している。図22から活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が200以下から開始されるのに対して $\text{NO}_x$  の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が200以上にならないと開始されないことがわかる。

#### 【0101】

一方、活性酸素の放出作用はパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が高くなれば高くなるほど活発になる。これに対して $\text{NO}_x$  の吸収作用はパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が高くなると消失する。即ち、パティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ が一定温度、図22に示す例ではほぼ500を越えると硝酸イオン $\text{NO}_3^-$  又は硝酸カリウム $\text{KNO}_3$  が熱分解し、活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71から $\text{NO}$ が放出される。このような状態になると $\text{NO}_x$  の吸収量よりも $\text{NO}$ の放出量が多くなり、斯くして図22に示されるように $\text{NO}_x$  吸収率が低下する。

#### 【0102】

図22は $\text{NO}_x$  吸収剤又は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71としてカリウム $\text{K}$ を用いた場合の $\text{NO}_x$  吸収率を示している。この場合、用いる金属によって $\text{NO}_x$  吸収率の高くなるパティキュレートフィルタ24の温度範囲は異なる。例えば $\text{NO}_x$  吸収剤又は活性酸素放出・ $\text{NO}_x$  吸収剤71としてバリウム $\text{Ba}$ を用いた場合には $\text{NO}_x$  吸収率の高くなるパティキュレートフィルタ24の温度範囲は図22に示されるカリウム $\text{K}$ を用

10

20

30

40

50

いた場合よりも狭くなる。

【0103】

ところで前述したように排気ガス中の微粒子をパーティキュレートフィルタ24上において堆積することなく酸化除去せしめるためには排出微粒子量Mを酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくする必要がある。しかしながら単に排出微粒子量Mを酸化除去可能微粒子量Gより少なくしただけではNO<sub>x</sub> 吸収剤又は活性酸素放出・NO<sub>x</sub> 吸収剤71によるNO<sub>x</sub> 吸収作用は行われず、NO<sub>x</sub> 吸収剤又は活性酸素放出・NO<sub>x</sub> 吸収剤71によるNO<sub>x</sub> の吸収作用を確保するにはパーティキュレートフィルタ24の温度TFをNO<sub>x</sub> の吸収作用が行われる温度範囲内に維持する必要がある。この場合、NO<sub>x</sub> 吸収作用が行われるパーティキュレートフィルタ24の温度範囲はNO<sub>x</sub> 吸収率が一定値以上、例えば50パーセント以上となる温度範囲とする必要があり、従ってNO<sub>x</sub> 吸収剤又は活性酸素放出・NO<sub>x</sub> 吸収剤71としてカリウムKを用いた場合には図22からわかるようにパーティキュレートフィルタ24の温度TFをほぼ250 から500 の間に維持する必要がある。

10

【0104】

従って、本発明による実施例では排気ガス中の微粒子をパーティキュレートフィルタ24上において堆積することなく酸化除去せしめ、かつ排気ガス中のNO<sub>x</sub> を吸収するために、通常は継続的に排出微粒子量Mを酸化除去可能微粒子量Gよりも少なくなるように維持しかつパーティキュレートフィルタ24の温度TFをパーティキュレートフィルタ24のNO<sub>x</sub> 吸収率が一定値以上となる温度範囲内に維持するようにしている。即ち、排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度TFを図22のハッチングで示す微粒子NO<sub>x</sub> 同時処理領域内に維持するようにしている。

20

【0105】

なお、このように排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度を微粒子NO<sub>x</sub> 同時処理領域内に維持するようにおいても排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度が微粒子NO<sub>x</sub> 同時処理領域外にずれてしまう場合がある。このような場合、本発明による実施例では排出微粒子量Mおよびパーティキュレートフィルタ24の温度が微粒子NO<sub>x</sub> 同時処理領域内となるように排出微粒子量M又はパーティキュレートフィルタ24の温度TFの少くとも一つが制御される。

30

【0106】

ところで前述したように機関の運転状態が図10に示される第1の運転領域Iにあって低温燃焼が行われているときには煤はほとんど発生せず、その代り未燃炭化水素が煤の前駆体又はその前の状態の形で燃焼室5から排出される。しかしながら上述したようにパーティキュレートフィルタ24上には酸化機能を有する白金Ptのような貴金属が担持されており、従ってこのとき燃焼室5から排出された未燃炭化水素はパーティキュレートフィルタ24上において良好に酸化せしめられることになる。また、このとき発生する極めて少量の煤もパーティキュレートフィルタ24上において酸化除去せしめられる。

【0107】

一方、NO<sub>x</sub> 吸収剤71又は活性酸素放出・NO<sub>x</sub> 吸収剤71(以下これらを総称して単にNO<sub>x</sub> 吸収剤71と称する)のNO<sub>x</sub> 吸収能力には限度があり、NO<sub>x</sub> 吸収剤71のNO<sub>x</sub> 吸収能力が飽和する前にNO<sub>x</sub> 吸収剤71からNO<sub>x</sub> を放出させる必要がある。そのためにはNO<sub>x</sub> 吸収剤71に吸収されているNO<sub>x</sub> 量を推定する必要がある。そこで本発明では第1の燃焼が行われているときの単位時間当りのNO<sub>x</sub> 吸収量Aを要求トルクTQおよび機関回転数Nの関数として図23(A)に示すようなマップの形で予め求めておき、第2の燃焼が行われているときの単位時間当りのNO<sub>x</sub> 吸収量Bを要求トルクTQおよび機関回転数Nの関数として図23(B)に示すようなマップの形で予め求めておき、これら単位時間当りのNO<sub>x</sub> 吸収量A、Bを積算することによってNO<sub>x</sub> 吸収剤71に吸収されているNO<sub>x</sub> 量 NOXを推定するようにしている。

40

【0108】

50

本発明による実施例ではこの $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が予め定められた許容最大値  $\text{MAX}$  を越えたときに $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  を放出させるようにしている。

即ち、本発明による実施例では第1の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越えたときには燃料噴射量を増大することによって燃焼室5内における空燃比  $A/F$  が一時的にリッチにされる。燃焼室5内における空燃比  $A/F$  がリッチにされると $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  が放出される。前述したように第1の燃焼、即ち低温燃焼が行われているときには燃焼室5内における空燃比  $A/F$  をリッチにしても煤が発生せず、従って煤が発生することなく、 $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  を放出することができることになる。

【0109】

10

これに対し、第2の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越え、このとき燃料噴射量を増量することによって燃焼室5内における空燃比  $A/F$  をリッチにすると多量の煤が発生してしまう。そこで本発明による実施例では第2の燃焼が行われたときに $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越えたときには第2の燃焼から第1の燃焼に切換え、第1の燃焼のもとで燃焼室5内における空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしている。前述したように第1の燃焼のもとで燃焼室5内における空燃比  $A/F$  をリッチにすれば煤が発生することがなく、従って第2の燃焼が行われているときであっても煤が発生することなく $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  を放出できることになる。

【0110】

ところで第2の燃焼から第1の燃焼に切換えるためには燃料噴射量を大巾に減少させなければならず、燃料噴射量を大巾に減少させると機関の出力トルクが大巾に減少する。そこで本発明による実施例では第2の燃焼から第1の燃焼に切換えられたときには電気モータ37を駆動して噴射量の低減による機関の出力トルクの低下量とほぼ等しい出力トルクを電気モータ37により発生させるようにしている。

20

【0111】

ところが電気モータ37が良好に作動するのはバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーが一定量以上のときであり、バッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量が一定量以下になると電気モータ37を良好に作動させることが困難である。従って機関の出力トルクの低下分を電気モータ37の出力トルクによって補うのは電気モータ37を作動させてもバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量が一定値以下に低下するまで十分な余裕があるとき、即ち、電気エネルギーの量が一定値以下に低下するまで十分に余裕のある予め定められた設定値よりも大きいときである。

30

【0112】

従って本発明による実施例では第2の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越えたときにはバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量が予め定められた設定値よりも大きければ第2の燃焼から第1の燃焼に切換え、機関出力トルクの低下分を電気モータ37の出力トルクによって補うようにしている。

【0113】

一方、本発明による実施例では第2の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越え、このときにバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量が予め定められた設定値よりも小さい場合には第2の燃焼から第1の燃焼に切換えることなく、第2の燃焼のまま維持すると共に電気モータ37を作動させず、排気ガスの空燃比が一時的にリッチになるように膨張行程の後半又は排気行程中に燃料噴射弁6から追加の燃料を噴射するようにしている。

40

【0114】

次に、バッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量について説明する。

図24(A)はバッテリー41としてニッケル水素蓄電池を用いた場合のバッテリー41に貯蔵されている電力、即ち電気エネルギーの量  $B(W)$  とバッテリー電圧  $V$  との関係している。なお、図24(A)において  $B_{max}$  は最大貯蔵電気エネルギー量を示しており、 $B_d$  は電気モータ37を作動させるか否かの判断基準となる設定値を示している。

50

## 【 0 1 1 5 】

バッテリー 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  は図 2 4 に示す算出ルーチンにより算出される。即ち、放電電流  $I$  を正とし、充電電流  $I$  を負とし、バッテリー 4 1 の電圧を  $V$  とすると充放電作用によって増減する貯蔵電気エネルギー量は  $V \cdot I$  で表されるので貯蔵電気エネルギー量  $B$  は図 2 4 ( B ) に示されるように次式に基づいて算出できることになる。

## 【 0 1 1 6 】

$$B = \int V \cdot I dt$$

ここで  $V$  および  $I$  は検出器 4 2 により検出される。

図 2 5 ( A ) は、第 2 の燃焼が行われているときに  $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NO}_x$  が許容最大値  $\text{MAX}$  を越え、このときバッテリー 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  が予め定められた設定値  $B_d$  よりも大きい場合の機関の出力トルクと電気モータ 3 7 の制御の一例を示している。なお、図 2 5 の実線は図 4 と同様にアクセルペダル 4 4 の同一踏み量を示しており、図 2 5 の鎖線は図 1 0 に示す境界  $X(N)$  を示している。

10

## 【 0 1 1 7 】

即ち、図 2 5 ( A ) に示す例では機関の要求トルクが  $T_{Qt}$  から低温燃焼の可能な  $T_{Qe}$  まで低下せしめられ、機関出力トルクの低下分  $T_{Qd}$  が電気モータ 3 7 の出力トルクにより補われる。

ところで排気ガス中には  $\text{SO}_x$  が含まれており、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 には  $\text{NO}_x$  ばかりでなく  $\text{SO}_x$  も吸収される。この  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 への  $\text{SO}_x$  の吸収メカニズムは  $\text{NO}_x$  の吸収メカニズムと同じであると考えられる。

20

## 【 0 1 1 8 】

即ち、 $\text{NO}_x$  の吸収メカニズムを説明したときと同様に担体上に白金 Pt およびカリウム K を担持させた場合を例にとって説明すると、前述したように排気ガスの空燃比がリーンのときには酸素  $\text{O}_2$  が  $\text{O}_2$  又は  $\text{O}^{2-}$  の形で白金 Pt の表面に付着しており、排気ガス中の  $\text{SO}_2$  は白金 Pt の表面で  $\text{O}_2$  又は  $\text{O}^{2-}$  と反応して  $\text{SO}_3$  となる。次いで生成された  $\text{SO}_3$  の一部は白金 Pt 上で更に酸化されつつ  $\text{NO}_x$  吸収剤内に吸収され、カリウム K と結合しながら、硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  の形で  $\text{NO}_x$  吸収剤内に拡散し、安定した硫酸塩  $\text{K}_2\text{SO}_4$  を生成する。

## 【 0 1 1 9 】

しかしながらこの硫酸塩  $\text{K}_2\text{SO}_4$  は安定していて分解しづらく、前述したように  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から  $\text{NO}_x$  を放出すべく排気ガスの空燃比をリッチにしても硫酸塩  $\text{K}_2\text{SO}_4$  は分解されずにそのまま残る。従って  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 内には時間が経過するにつれて硫酸塩  $\text{K}_2\text{SO}_4$  が増大することになり、斯くして時間が経過するにつれて  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 が吸収しうる  $\text{NO}_x$  量が低下することになる。

30

## 【 0 1 2 0 】

ところがこの硫酸塩  $\text{K}_2\text{SO}_4$  は  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度が  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 により定まる一定温度、例えばほぼ 600 を越えると分解し、このとき  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすると  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から  $\text{SO}_x$  が放出される。ただし、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から  $\text{SO}_x$  を放出させるには  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から  $\text{NO}_x$  を放出させる場合に比べてかなり長い時間を要する。一例を挙げると排気ガスの空燃比を一秒以下の短時間だけリッチにすれば  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から全  $\text{NO}_x$  を放出しうるのに対して、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から全  $\text{SO}_x$  を放出するためには数分間程度、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度をほぼ 600 以上に維持しかつ排気ガスの空燃比をリッチに維持する必要がある。即ち、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から全  $\text{SO}_x$  を放出させるには長時間に亘って  $\text{NO}_x$  吸収剤 2 5 を高温に維持する必要がある。

40

## 【 0 1 2 1 】

ところで前述したように第 1 の燃焼、即ち低温燃焼が行われているときには排気ガス温が高くなり、斯くして  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度も高くなる。また、このとき燃焼室 5 から排出された多量の未燃炭化水素は  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 において酸化せしめられ、この酸化反応熱によって  $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度は更に高くなる。その結果、低温燃焼が行われ

50

ているときには $\text{NO}_x$  吸収剤 7 2 の温度は 6 0 0 以上となる。この場合、空燃比をリッチにすれば $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度は更に高くなる。従って第 1 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきときには燃料噴射量を増量することによって燃焼室 5 内における空燃比がリッチとされる。

#### 【 0 1 2 2 】

一方、前述したように第 2 の燃焼が行われているときに燃料噴射量を増量することによって燃焼室 5 内における空燃比をリッチにすることは好ましくない。そこで本発明による実施例では第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきときにはバッテリー 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量 B が予め定められた設定値 B d よりも大きければ第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切換えると共に燃焼室 5 内における空燃比をリッチにし、同時に機関出力トルクの低下分を電気モータ 3 7 の出力トルクによって補うようにしている。

10

#### 【 0 1 2 3 】

図 2 5 ( B ) はこの場合の機関の出力トルクと電気モータ 3 7 の出力トルクの制御の第 1 実施例を示している。この第 1 実施例では図 2 5 ( B ) において破線で示されるように第 1 の燃焼を行いうる範囲内でほぼ最大となる機関出力トルク  $T Q e ( N )$  が機関回転数  $N$  の関数として予め定められており、 $\text{SO}_x$  を放出すべきときには機関の要求トルクが  $T Q t$  から  $T Q e ( N )$  まで低下せしめられると共に機関出力トルクの低下分  $T Q$  が電気モータ 3 7 の出力トルクにより補われる。

#### 【 0 1 2 4 】

従ってこの第 1 実施例ではバッテリー 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量 B が設定値 B d よりも大きいときには要求トルク  $T Q$  が境界  $X ( N )$  を越えても、即ち第 2 の燃焼を行うべきときでも第 1 の燃焼が行われることになる。

20

これに対し、バッテリー 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量 B が設定値 B d よりも小さいときには $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきときであっても要求トルク  $T Q$  が境界  $X ( N )$  を越えると第 1 の燃焼から第 2 の燃焼へ切換えられ、また第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきとなった場合でも第 2 の燃焼が継続される。この第 2 の燃焼では空燃比がリーンとされるので $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 からの $\text{SO}_x$  の放出作用は行われない。

#### 【 0 1 2 5 】

ところで前述したように第 2 の燃焼が行われると排気ガス温が低くなる。従って第 1 の燃焼から第 2 の燃焼に切換えられると $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度は 6 0 0 よりもかなり低い温度まで低下する。これに対し、第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切換えられると $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度は徐々に増大して 6 0 0 以上になるが $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度が 6 0 0 以上になるまで時間を要する。従って第 1 の燃焼と第 2 の燃焼とが頻繁に切換えられると $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度はほとんど 6 0 0 以上にならなくなる。

30

#### 【 0 1 2 6 】

実際の運転状態では第 1 の燃焼と第 2 の燃焼とが頻繁に切換えられることが多く、従ってこのように第 1 の燃焼と第 2 の燃焼とが頻繁に切換えられる運転状態のときでも第 1 の燃焼時に $\text{SO}_x$  を放出しうよう $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 を高温に維持できるようにする必要がある。そのためには第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 以上に維持しなければならない。

40

#### 【 0 1 2 7 】

また、第 2 の燃焼が行われているときに、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 が吸収しうる $\text{NO}_x$  量が低下したときには第 2 の燃焼から第 1 の燃焼に切換えられたときにただちに $\text{SO}_x$  を放出させる必要がある。このように $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきときには第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 ° 以上に維持する必要があり、第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 が吸収しうる $\text{NO}_x$  量が低下したときには $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 以上まで上昇させることが好ましい。

50

## 【 0 1 2 8 】

そこで本発明による実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 から $\text{SO}_x$  を放出すべきときにバッテリ 4 1 に貯蔵されている電気エネルギーの量 B が設定値  $B_d$  よりも小さいときには第 2 の燃焼を行うべきときには第 2 の燃焼を行い、このとき $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度 T F が 6 0 0 以上となるように制御される。

次に、第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 以上に維持する方法および $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 ° 以上まで上昇させる方法について説明する。

## 【 0 1 2 9 】

本発明による実施例では第 2 の燃焼が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 以上に維持し、 $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を 6 0 0 以上まで上昇させるために、補助燃料を噴射することなく主燃料の噴射時間を遅らせる第 1 の噴射パターンと、主燃料の噴射前に補助燃料を噴射しかつ主燃料の噴射時期を遅らせる第 2 の噴射パターンと、主燃料の噴射後に補助燃料を噴射しかつ主燃料の噴射時期を遅らせる第 3 の噴射パターンからなる 3 つの噴射パターンのいずれかが用いられる。

## 【 0 1 3 0 】

即ち、図 2 6 は主燃料の噴射時期および補助燃料の噴射時期を示しており、横軸はクランク角を表している。また、図 2 6 には吸気弁 7 の開弁期間および排気弁 9 の開弁期間も示されている。

図 2 6 において ( I ) は通常の第 2 の燃焼が行われているときの噴射時期を示している。図 2 6 からわかるようにこのときには補助燃料が噴射されることなく主燃料 Q のみが噴射され、このときの主燃料の噴射時期は圧縮上死点前又は圧縮上死点付近に定められている。

## 【 0 1 3 1 】

一方、( I I ) は第 1 の噴射パターンを示している。前述したように第 1 の噴射パターンでは補助燃料を噴射することなく主燃料  $Q_R$  のみが噴射され、更にこのとき主燃料  $Q_R$  の噴射時期は通常の第 2 の燃焼が行われているときに比べて遅角される。このように主燃料  $Q_R$  の噴射時期が遅角せしめられると燃焼期間が長びくために排気ガス温が上昇する。排気ガス温が上昇すると $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度が上昇せしめられる。

## 【 0 1 3 2 】

図 2 6 の ( I I I ) は第 2 の噴射パターンを示している。この第 2 の噴射パターンでは吸気上死点付近において補助燃料  $Q_V$  が噴射され、図 2 6 の ( I I ) に示される第 1 の噴射パターンの場合に比べて主燃料  $Q_R$  の噴射時期が更に遅角される。吸気上死点付近において補助燃料  $Q_V$  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  $Q_V$  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  $Q_R$  の反応が加速される。従ってこの場合には主燃料  $Q_R$  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。一方、このように主燃料  $Q_R$  の噴射時期を大巾に遅らせることができるので排気ガス温はかなり高くなり、斯くして $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を更に高温まで上昇させることができる。

## 【 0 1 3 3 】

図 2 6 の ( I V ) は第 3 の噴射パターンを示している。この第 3 の噴射パターンでは図 2 6 の ( I I ) に示される第 1 の噴射パターンと同じ時期に主燃料  $Q_R$  が噴射され、主燃料  $Q_R$  の噴射後の膨張行程中又は排気行程中に補助燃料  $Q_P$  が噴射される。図 2 6 に示す例では排気弁 9 が開弁する直前の膨張行程中に補助燃料  $Q_P$  が噴射される。

## 【 0 1 3 4 】

この補助燃料  $Q_P$  は燃焼室 5 内において燃焼せしめられず、従って補助燃料  $Q_P$  が噴射されるとこの補助燃料  $Q_P$  は未燃 H C の形で排気ポート 1 0 内に排出される。従って補助燃料  $Q_P$  が噴射されると排気ガス中の未燃 H C の量が増大せしめられ、斯くして未燃 H C の酸化反応熱によって $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度は急速に上昇せしめられる。排気ガス温を上昇させることによって $\text{NO}_x$  吸収剤 7 1 の温度を上昇させる場合よりも排気

10

20

30

40

50



ガス中の未燃HCの量を増大させて酸化反応熱により $\text{NO}_x$  吸収剤71の温度を上昇させる場合の方が $\text{NO}_x$  吸収剤71の温度をはるかに急速に高温まで上昇させることができるので、図26の(III)に示される第2の噴射パターンを用いた場合よりも図26の(IV)に示される第3の噴射パターンを用いた場合の方が $\text{NO}_x$  吸収剤71の温度をはるかに急速に高温まで上昇させることができる。

#### 【0135】

次に図27を参照しつつ $\text{NO}_x$  吸収剤71から $\text{NO}_x$  を放出すべきときにセットされる $\text{NO}_x$  放出フラグおよび $\text{NO}_x$  吸収剤71から $\text{SO}_x$  を放出すべきときにセットされる $\text{SO}_x$  放出フラグの処理ルーチンについて説明する。なお、このルーチンは一定時間毎の割込みによって実行される。

図27を参照するとまず初めにステップ100において機関の運転領域が第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセットされているとき、即ち機関の運転領域が第1の運転領域Iであるときにはステップ101に進んで図23(A)に示すマップから単位時間当りの $\text{NO}_x$  吸収量Aが算出される。次いでステップ102では $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NOX}$ にAが加算される。次いでステップ103では $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NOX}$ が許容最大値MAXを越えたか否かが判別される。 $\text{NOX} > \text{MAX}$ になるとステップ104に進んで予め定められた時間だけ $\text{NO}_x$  放出フラグをセットする処理が行われ、次いでステップ105において  $\text{NOX}$ が零とされる。次いでステップ111に進む。

#### 【0136】

一方、ステップ100においてフラグIがリセットされていると判断されたとき、即ち機関の運転領域が第2の運転領域IIであるときにはステップ106に進んで図23(B)に示すマップから単位時間当りの $\text{NO}_x$  吸収量Bが算出される。次いでステップ107では $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NOX}$ にBが加算される。次いでステップ108では $\text{NO}_x$  吸収量  $\text{NOX}$ が許容最大値MAXを越えたか否かが判別される。 $\text{NOX} > \text{MAX}$ になるとステップ109に進んで予め定められた時間だけ $\text{NO}_x$  放出フラグをセットする処理が行われ、次いでステップ110において  $\text{NOX}$ が零とされる。次いでステップ111に進む。

#### 【0137】

ステップ111では噴射量Qに定数kを乗算した積 $k \cdot Q$ が  $\text{SO}_x$ に加算される。燃料中にはほぼ一定量の硫黄Sが含まれており、従って $\text{NO}_x$  吸収剤71に吸収される $\text{SO}_x$  量は $k \cdot Q$ で表わすことができる。従ってこの $k \cdot Q$ を順次積算することによって得られる  $\text{SO}_x$ は $\text{NO}_x$  吸収剤71に吸収されていると推定される $\text{SO}_x$  量を表わしている。ステップ112ではこの $\text{SO}_x$  量  $\text{SOX}$ が許容最大値MAXSを越えたか否かが判別され、 $\text{SOX} > \text{MAXS}$ になるとステップ113に進んで $\text{SO}_x$  放出フラグがセットされる。

#### 【0138】

次に図28および図29を参照しつつ運転制御について説明する。

図28および図29を参照すると、まず初めにステップ200において $\text{SO}_x$  放出フラグがセットされているか否かが判別される。 $\text{SO}_x$  放出フラグがセットされていないときにはステップ201に進んで機関の運転状態が図10に示す第1の運転領域Iであることを示すフラグIがセットされているか否かが判別される。フラグIがセットされているとき、即ち機関の運転状態が図10に示す第1の運転領域Iであるときにはステップ202に進んで要求トルクTQが図10に示す第1の境界X(N)よりも大きくなったか否かが判別される。TQ X(N)のときにはステップ204に進んで低温燃焼が行われる。

#### 【0139】

即ち、ステップ204では図14(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度STが算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ205では図14(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度SEが算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度SEとされる。次いでステップ206では $\text{NO}_x$

10

20

30

40

50

放出フラグがセットされているか否かが判別される。NO<sub>x</sub> 放出フラグがセットされていないときにはステップ207に進んで図13(A)に示すマップから噴射量Qが算出され、図13(B)に示すマップから噴射開始時期Sが算出され、これらの算出値に基づいて燃料噴射が行われる。

【0140】

一方、ステップ206においてNO<sub>x</sub> 放出フラグがセットされていると判別されたときにはステップ208に進んで燃料噴射量を増量することにより予め定められた期間、空燃比がリッチとされ、NO<sub>x</sub>が零とされ、NO<sub>x</sub> 放出フラグがリセットされる。この間にNO<sub>x</sub> 吸収剤71からNO<sub>x</sub> が放出される。

一方、ステップ202においてTQ > X(N)になったと判別されたときにはステップ203に進んでフラグIがリセットされ、次いでステップ212に進んでNO<sub>x</sub> 放出フラグがセットされているか否かが判別される。NO<sub>x</sub> 放出フラグがセットされていないときにはステップ213に進んで第2の燃焼が行われる。

【0141】

即ち、ステップ213では図17(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度STが算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ214では図17(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度SEが算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度SEとされる。次いでステップ215では図16(A)に示すマップから噴射量Qが算出され、図16(B)に示すマップから噴射開始時期Sが算出され、これらの算出値に基づいて燃料噴射が行われる。

【0142】

一方、ステップ212においてNO<sub>x</sub> 放出フラグがセットされていると判別されたときにはステップ216に進んでバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量Bが設定値Bdよりも大きいかが判別される。B > Bdのときにはステップ217に進んで低温燃焼すべく機関の出力トルクが低下せしめられ、電気モータ37が作動せしめられる。

【0143】

即ち、ステップ217では機関の要求トルクがTQから図25(A)に示される最も低負荷のときの要求トルクTQeまで低下せしめられる。次いでステップ218ではこの要求トルクTQ(=TQe)に基づいて図14(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度STが算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ219ではこの要求トルクTQ(=TQe)に基づいて図14(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度SEが算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度SEとされる。次いでステップ220ではこの要求トルクTQ(=TQe)に基づいて図13(A)に示すマップから算出された噴射量Qが増量補正され、空燃比が一時にリッチにされる。このときNO<sub>x</sub> 吸収剤71からNO<sub>x</sub> が放出される。

【0144】

次いでステップ221では図25(A)に示される要求トルクTQtと要求トルクTQeとの差、即ち機関出力トルクの低下分TQが電気モータ37の発生すべき出力トルクTmとされる。次いでステップ222では電気モータ37が出力トルクTmを発生するために電気モータ37に供給すべき三相交流の電流値Imが算出される。次いでステップ223では機関回転数Nに基づいて電気モータ37に供給すべき三相交流の周波数fmが算出される。次いでステップ224では電流値がImで周波数がfmの三相交流が電気モータ37に供給され、それによって電気モータ37が駆動せしめられる。

【0145】

一方、ステップ216においてB > Bdであると判断されたときはステップ225に進んで第2の燃焼が行われ、電気モータ37の作動が停止され、膨張行程末期又は排気行程中に追加の燃料が噴射される。即ち、ステップ225では図17(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度STが算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度STとされる。次いでステップ226では図17(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度SEが算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度SEとされる。次いで

ステップ227では図16(A)に示すマップから噴射量 $Q$ が算出され、図16(B)に示すマップから噴射開始時期 $S$ が算出され、これらの算出値に基づいて燃料噴射が行われる。更にこのとき $NO_x$  吸収剤71に流入する排気ガスの空燃比をリッチにするのに必要な補助燃料が膨張行程末期又は排気行程中に予め定められた期間、噴射され、その後 $NO_x$ が零とされ、 $NO_x$  放出フラグがリセットされる。この間に $NO_x$  吸収剤71から $NO_x$  が放出される。

【0146】

フラグIがリセットされると次の処理サイクルではステップ201からステップ210に進んで要求トルク $TQ$ が図10に示す第2の境界 $Y(N)$ よりも低くなったか否かが判別される。 $TQ > Y(N)$ のときにはステップ212に進む。一方、ステップ210において $TQ < Y(N)$ になったと判別されたときにはステップ211に進んでフラグIがセットされ、次いでステップ204に進んで低温燃焼が行われる。

10

【0147】

一方、ステップ200において $SO_x$  放出フラグがセットされていると判断されたときにはステップ209に進んで $NO_x$  吸収剤71からの $SO_x$  放出処理が行われる。図30はこの $SO_x$  放出処理の第1実施例を示している。

図30を参照するとまず初めにステップ300において要求トルク $TQ$ が図10に示す第1の境界 $X(N)$ よりも小さいか否かが判別される。 $TQ < X(N)$ のときにはステップ301に進み、低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされる。

【0148】

20

即ち、ステップ301では図14(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度 $ST$ が算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度 $ST$ とされる。次いでステップ302では図14(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度 $SE$ が算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度 $SE$ とされる。次いでステップ303では図13(A)に示すマップから噴射量 $Q$ が算出され、図13(B)に示すマップから噴射開始時期 $S$ が算出され、算出された噴射量 $Q$ が増量補正されて空燃比がリッチとされる。次いでステップ316に進む。このときには $NO_x$  吸収剤71の温度が600以上に維持され、空燃比がリッチとされるので $NO_x$  吸収剤71から $SO_x$  が放出される。また、このときには $NO_x$  吸収剤71から $NO_x$  も放出され、パティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積している場合には堆積した微粒子が酸化除去せしめられる。

30

【0149】

一方、ステップ300において $TQ > X(N)$ であると判断されたときにはステップ304に進んでバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量 $B$ が設定値 $Bd$ よりも大きいかが判別される。 $B > Bd$ のときにはステップ305に進んで低温燃焼すべく機関の出力トルクが低下せしめられ、電気モータ37が作動せしめられる。

【0150】

即ち、ステップ305では機関の要求トルクが $TQt$ から図25(B)に示される低温燃焼可能なほぼ最大の要求トルク $TQe(N)$ まで低下せしめられる。次いでステップ306ではこの要求トルク $TQ(=TQe(N))$ に基づいて図14(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度 $ST$ が算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度 $ST$ とされる。次いでステップ307ではこの要求トルク $TQ(=TQe(N))$ に基づいて図14(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度 $SE$ が算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度 $SE$ とされる。次いでステップ308ではこの要求トルク $TQ(=TQe(N))$ に基づいて図13(A)に示すマップから算出された噴射量 $Q$ が増量補正され、空燃比がリッチにされる。このとき $NO_x$  吸収剤71からは $SO_x$  が放出される。更にこのときには $NO_x$  吸収剤71から $NO_x$  が放出され、またパティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積している場合には堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。

40

【0151】

次いでステップ309では図25(B)に示される要求トルク $TQt$ と要求トルク $TQe$

50

(N)との差、即ち機関出力トルクの低下分  $TQ$  が電気モータ 37 の発生すべき出力トルク  $T_m$  とされる。次いでステップ 310 では電気モータ 37 が出力トルク  $T_m$  を発生するために電気モータ 37 に供給すべき三相交流の電流値  $I_m$  が算出される。次いでステップ 311 では機関回転数  $N$  に基づいて電気モータ 37 に供給すべき三相交流の周波数  $f_m$  が算出される。次いでステップ 312 では電流値が  $I_m$  で周波数が  $f_m$  の三相交流が電気モータ 37 に供給され、それによって電気モータ 37 が駆動せしめられる。

#### 【0152】

一方、ステップ 304 において  $B < B_d$  であると判断されたときはステップ 313 に進んでリーン空燃比のもとで第 2 の燃焼が行われ、電気モータ 37 の作動が停止され、 $NO_x$

吸収剤 71、即ちパティキュレートフィルタ 24 の温度  $T_F$  を 600 以上に維持するための昇温制御が行われる。即ち、ステップ 313 では図 17 (A) に示すマップからスロットル弁 21 の目標開度  $S_T$  が算出され、スロットル弁 21 の開度がこの目標開度  $S_T$  とされる。次いでステップ 226 では図 17 (B) に示すマップから EGR 制御弁 29 の目標開度  $S_E$  が算出され、EGR 制御弁 29 の開度がこの目標開度  $S_E$  とされる。次いでステップ 315 では図 26 に示される第 1 の噴射パターン (I I)、第 2 の噴射パターン (I I I) および第 3 の噴射パターン (V I) のうちのいずれかの噴射パターンをもって燃料噴射が行われる。このときにもパティキュレートフィルタ 24 上に微粒子が堆積していれば堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。次いでステップ 316 に進む。

#### 【0153】

ステップ 316 では  $NO_x$  吸収剤 71 からの  $SO_x$  の放出作用が完了したか否かが判別される。 $SO_x$  の放出作用が完了したか否かは例えば空燃比がリッチにされている時間等から推定される。 $SO_x$  の放出作用が完了したと判断されたときにはステップ 317 に進んで  $SO_x$  放出フラグがリセットされ、 $SO_x$  および  $NO_x$  が零とされる。

#### 【0154】

図 31 および図 32 に  $SO_x$  放出処理の第 2 実施例を示す。

この第 2 実施例では  $NO_x$  吸収剤 71 から  $SO_x$  を放出すべきときに  $B > B_d$  であるときには、即ちバッテリー 41 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  に余裕があるときには図 31 に示されるように  $TQ < X(N)$  であろう  $TQ > X(N)$  であろうと機関の要求トルクが  $TQ_t$  から最も低負荷時の要求トルク  $TQ_e$  まで低下せしめられ、機関出力トルクの低下分  $TQ$  が電気モータ 37 の出力トルクにより補われ、空燃比がリッチとされる。

#### 【0155】

一方、 $B < B_d$  のときには、即ちバッテリー 41 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  に余裕がないときには  $TQ < X(N)$  であれば低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされ、 $TQ > X(N)$  であれば第 2 の燃焼のもとで  $NO_x$  吸収剤 71、即ちパティキュレートフィルタ 24 の昇温制御が行われる。

図 32 を参照するとまず初めにステップ 400 においてバッテリー 41 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  が設定値  $B_d$  よりも大きいか否かが判別される。 $B > B_d$  のときには低温燃焼が行われていようと第 2 の燃焼が行われていようとステップ 401 に進んで機関の出力トルクが低下せしめられ、電気モータ 37 が作動せしめられる。

#### 【0156】

即ち、ステップ 401 では機関の要求トルクが  $TQ_t$  から図 31 に示される最も低負荷のときの要求トルク  $TQ_e$  まで低下せしめられる。次いでステップ 402 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 14 (A) に示すマップからスロットル弁 21 の目標開度  $S_T$  が算出され、スロットル弁 21 の開度がこの目標開度  $S_T$  とされる。次いでステップ 403 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 14 (B) に示すマップから EGR 制御弁 29 の目標開度  $S_E$  が算出され、EGR 制御弁 29 の開度がこの目標開度  $S_E$  とされる。次いでステップ 404 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 13 (A) に示すマップから算出された噴射量  $Q$  が増量補正され、空燃比がリッチにされる。このとき  $NO_x$  吸収剤 71 からは  $SO_x$  が放出される。更にこのときには  $NO_x$  吸収剤 71 から  $NO_x$  が放出され、またパティキュレートフィルタ 24 上に微粒子が堆

10

20

30

40

50

積している場合には堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。

【0157】

次いでステップ405では図31に示される要求トルク $T_{Qt}$ と要求トルク $T_{Qe}$ との差、即ち機関出力トルクの低下分 $T_{Qd}$ が電気モータ37の発生すべき出力トルク $T_m$ とされる。次いでステップ406では電気モータ37が出力トルク $T_m$ を発生するために電気モータ37に供給すべき三相交流の電流値 $I_m$ が算出される。次いでステップ407では機関回転数 $N$ に基づいて電気モータ37に供給すべき三相交流の周波数 $f_m$ が算出される。次いでステップ408では電流値が $I_m$ で周波数が $f_m$ の三相交流が電気モータ37に供給され、それによって電気モータ37が駆動せしめられる。

【0158】

一方、ステップ404において $B < B_d$ であると判断されたときはステップ409に進んで要求トルク $T_Q$ が図10に示す第1の境界 $X(N)$ よりも小さいか否かが判別される。 $T_Q < X(N)$ のときにはステップ410に進んで電気モータ37の作動が停止され、低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされる。

即ち、ステップ410では図14(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度 $S_T$ が算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度 $S_T$ とされる。次いでステップ411では図14(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度 $S_E$ が算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度 $S_E$ とされる。次いでステップ412では図13(A)に示すマップから噴射量 $Q$ が算出され、図13(B)に示すマップから噴射開始時期 $S$ が算出され、算出された噴射量 $Q$ が増量補正されて空燃比がリッチとされる。次いでステップ416に進む。このときには $NO_x$  吸収剤71の温度が600以上に維持され、空燃比がリッチとされるので $NO_x$  吸収剤71から $SO_x$  が放出される。また、このときには $NO_x$  吸収剤71から $NO_x$  も放出され、パティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積している場合には堆積した微粒子が酸化除去せしめられる。

【0159】

一方、ステップ409において $T_Q > X(N)$ であると判断されたときにはステップ413に進んでリーン空燃比のもとで第2の燃焼が行われ、電気モータ37の作動が停止され、 $NO_x$  吸収剤71、即ちパティキュレートフィルタ24の温度 $T_F$ を600以上に維持するための昇温制御が行われる。即ち、ステップ413では図17(A)に示すマップからスロットル弁21の目標開度 $S_T$ が算出され、スロットル弁21の開度がこの目標開度 $S_T$ とされる。次いでステップ414では図17(B)に示すマップからEGR制御弁29の目標開度 $S_E$ が算出され、EGR制御弁29の開度がこの目標開度 $S_E$ とされる。次いでステップ415では図26に示される第1の噴射パターン(II)、第2の噴射パターン(III)および第3の噴射パターン(VI)のうちのいずれかの噴射パターンをもって燃料噴射が行われる。このときにもパティキュレートフィルタ24上に微粒子が堆積していれば堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。次いでステップ316に進む。

【0160】

ステップ416では $NO_x$  吸収剤71からの $SO_x$  の放出作用が完了したか否かが判別される。 $SO_x$  の放出作用が完了したと判断されたときにはステップ417に進んで $SO_x$  放出フラグがリセットされ、 $SO_x$  および  $NO_x$  が零とされる。図33から図35は $NO_x$  放出制御の第3実施例を示す。

【0161】

この第3実施例でも第2実施例と同様に $NO_x$  吸収剤71から $SO_x$  を放出すべきときに $B > B_d$ であるときには、即ちバッテリー41に貯蔵されている電気エネルギーの量 $B$ に余裕があるときには $T_Q < X(N)$ であろう $T_Q > X(N)$ であろうと機関の要求トルクが $T_{Qe}$ まで低下せしめられて低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされ、機関出力トルクの低下分が電気モータ37の出力トルクにより補われる。

【0162】

ただし、この第3実施例では $NO_x$  吸収剤71、即ちパティキュレートフィルタ24の

10

20

30

40

50

温度が予め定められた下限温度  $T_{Fmin}$ 、例えば  $600^{\circ}$  と予め定められた上限温度  $T_{Fmax}$ 、例えば  $650^{\circ}$  との間に維持されるように次式に基づいて、アクセルペダル 44 の踏み込み量から定まる要求トルク  $TQ$  が、機関の出力トルクを低下させたときの要求トルク  $TQ_e$  と電気モータ 37 の出力トルク  $T_m$  とに振分けられる。

【0163】

$$TQ_e = K \cdot TQ$$

$$T_m = (1 - K) \cdot TQ$$

ここで  $K$  はトルク分配比を表している。

即ち、要求トルク  $TQ$  が同じであっても機関の出力トルクを大きくし、電気モータ 37 の出力トルクを小さくすれば、即ちトルク分配比  $K$  を増大すれば排気ガス温が上昇するためにパティキュレートフィルタ 24 の温度は上昇し、要求トルク  $TQ$  が同じであっても機関の出力トルクを小さくし、電気モータ 37 の出力トルクを大きくすれば、即ちトルク分配比  $K$  を減少すれば排気ガス温が低下するためにパティキュレートフィルタ 24 の温度は下降する。

10

【0164】

そこでこの第 3 実施例では排気管 26 に取付けた温度センサ 43 によりパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  を検出又は推定し、図 33 に示されるようにパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  が下限温度  $T_{Fmin}$  よりも低くなったときには要求トルク  $TQ_e$  を大きくすると共に電気モータ 37 の出力トルク  $T_m$  を小さくする、即ちトルク分配比  $K$  を増大させることによってパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  を下限温度  $T_{Fmin}$  よりも上昇させ、パティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  が上限温度  $T_{Fmax}$  よりも高くなったときには要求トルク  $TQ_e$  を小さくすると共に電気モータ 37 の出力トルク  $T_m$  を大きくする、即ちトルク分配比  $K$  を減少させることによってパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  を上限温度  $T_{Fmax}$  よりも低くするようにしている。

20

【0165】

一方、 $B < B_d$  のときには、即ちバッテリー 41 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  に余裕がないときには第 2 実施例と同様に  $TQ < X(N)$  であれば低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされ、 $TQ > X(N)$  であれば第 2 の燃焼のもとで  $NO_x$  吸収剤 71、即ちパティキュレートフィルタ 24 の昇温制御が行われる。図 34 および図 35 を参照するとまず初めにステップ 500 においてバッテリー 41 に貯蔵されている電気エネルギーの量  $B$  が設定値  $B_d$  よりも大きいかが否かが判別される。 $B > B_d$  のときにはステップ 501 に進んで低温燃焼すべく機関の出力トルクが低下せしめられ、電気モータ 37 が作動せしめ、パティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  が制御される。

30

【0166】

即ち、ステップ 501 ではパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  が下限温度  $T_{Fmin}$  よりも低いかが否かが判別される。 $TF < T_{Fmin}$  のときにはステップ 502 に進んでトルク分配比  $K$  に一定値  $K_1$  が加算され、即ちトルク分配比  $K$  が増大せしめられ、次いでステップ 505 に進む。これに対し、 $TF > T_{Fmin}$  のときにはステップ 503 に進んでパティキュレートフィルタ 24 の温度  $TF$  が上限温度  $T_{Fmax}$  よりも高いかが否かが判別される。 $TF > T_{Fmax}$  のときにはステップ 504 に進んでトルク分配比  $K$  から一定値  $K_2$  が減算され、即ちトルク分配比  $K$  が減少せしめられ、次いでステップ 505 に進む。ステップ 505 では次式から機関の要求トルク  $TQ_e$  が算出される。

40

【0167】

$$TQ_e = k \cdot TQ$$

次いでステップ 506 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 14 (A) に示すマップからスロットル弁 21 の目標開度  $ST$  が算出され、スロットル弁 21 の開度がこの目標開度  $ST$  とされる。次いでステップ 507 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 14 (B) に示すマップから EGR 制御弁 29 の目標開度  $SE$  が算出され、EGR 制御弁 29 の開度がこの目標開度  $SE$  とされる。次いでステップ 508 ではこの要求トルク  $TQ (= TQ_e)$  に基づいて図 13 (A) に示すマップから算出された噴射量  $Q$  が

50

増量補正され、空燃比がリッチにされる。このとき $\text{NO}_x$  吸収剤 71 からは $\text{SO}_x$  が放出される。更にこのときには $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  が放出され、またパティキュレートフィルタ 24 上に微粒子が堆積している場合には堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。

【0168】

次いでステップ 509 では次式に基づいて電気モータ 37 の出力トルク  $T_m$  が算出される。

$$T_m = (1 - K) \cdot T_Q$$

次いでステップ 510 では電気モータ 37 が出力トルク  $T_m$  を発生するために電気モータ 37 に供給すべき三相交流の電流値  $I_m$  が算出される。次いでステップ 511 では機関回転数  $N$  に基づいて電気モータ 37 に供給すべき三相交流の周波数  $f_m$  が算出される。次いでステップ 512 では電流値が  $I_m$  で周波数が  $f_m$  の三相交流が電気モータ 37 に供給され、それによって電気モータ 37 が駆動せしめられる。次いでステップ 520 に進む。

【0169】

一方、ステップ 500 において  $B < B_d$  であると判断されたときはステップ 513 に進んで要求トルク  $T_Q$  が図 10 に示す第 1 の境界  $X(N)$  よりも小さいか否かが判別される。 $T_Q < X(N)$  のときにはステップ 514 に進み、低温燃焼のもとで空燃比がリッチとされる。

即ち、ステップ 514 では図 14 (A) に示すマップからスロットル弁 21 の目標開度  $S_T$  が算出され、スロットル弁 21 の開度がこの目標開度  $S_T$  とされる。次いでステップ 515 では図 14 (B) に示すマップから EGR 制御弁 29 の目標開度  $S_E$  が算出され、EGR 制御弁 29 の開度がこの目標開度  $S_E$  とされる。次いでステップ 516 では図 13 (A) に示すマップから噴射量  $Q$  が算出され、図 13 (B) に示すマップから噴射開始時期  $S$  が算出され、算出された噴射量  $Q$  が増量補正されて空燃比がリッチとされる。次いでステップ 520 に進む。このときには $\text{NO}_x$  吸収剤 71 の温度が 600 以上に維持され、空燃比がリッチとされるので $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{SO}_x$  が放出される。また、このときには $\text{NO}_x$  吸収剤 71 から $\text{NO}_x$  も放出され、パティキュレートフィルタ 24 上に微粒子が堆積している場合には堆積した微粒子が酸化除去せしめられる。

【0170】

一方、ステップ 513 において  $T_Q > X(N)$  であると判断されたときにはステップ 517 に進んでリーン空燃比のもとで第 2 の燃焼が行われ、電気モータ 37 の作動が停止され、 $\text{NO}_x$  吸収剤 71、即ちパティキュレートフィルタ 24 の温度  $T_F$  を 600 以上に維持するための昇温制御が行われる。即ち、ステップ 517 では図 17 (A) に示すマップからスロットル弁 21 の目標開度  $S_T$  が算出され、スロットル弁 21 の開度がこの目標開度  $S_T$  とされる。次いでステップ 518 では図 17 (B) に示すマップから EGR 制御弁 29 の目標開度  $S_E$  が算出され、EGR 制御弁 29 の開度がこの目標開度  $S_E$  とされる。次いでステップ 519 では図 26 に示される第 1 の噴射パターン (I I)、第 2 の噴射パターン (I I I) および第 3 の噴射パターン (V I) のうちのいずれかの噴射パターンをもって燃料噴射が行われる。このときにもパティキュレートフィルタ 24 上に微粒子が堆積していれば堆積している微粒子が酸化除去せしめられる。次いでステップ 520 に進む。

【0171】

ステップ 520 では $\text{NO}_x$  吸収剤 71 からの $\text{SO}_x$  の放出作用が完了したか否かが判別される。 $\text{SO}_x$  の放出作用が完了したと判断されたときにはステップ 521 に進んで $\text{SO}_x$  放出フラグがリセットされ、 $\text{SO}_x$  および  $\text{NO}_x$  が零とされる。

なお、パティキュレートフィルタ 24 の温度  $T_F$  は主噴射  $Q_m$  の遅角量、或いは補助燃料  $Q_v$ 、 $Q_p$  の量を変化させることによって制御することができる。即ち、 $T_F < T_{F_{min}}$  のときには主噴射  $Q_m$  の遅角量、或いは補助燃料  $Q_v$ 、 $Q_p$  の量を増大させることによって  $T_F > T_{F_{min}}$  とすることができ、 $T_F > T_{F_{max}}$  のときには主噴射  $Q_m$  の遅角量、或いは補助燃料  $Q_v$ 、 $Q_p$  の量を減少させることによって  $T_F < T_{F_{max}}$  とする

10

20

30

40

50

ことができる。

【0172】

また、低温燃焼を行っているときにはEGR率を変化させることによってパーティキュレートフィルタ24の温度TFを制御することができる。即ち、 $TF < TF_{min}$ のときにはEGR率を低下させることによって $TF > TF_{min}$ とすることができ、 $TF > TF_{max}$ のときにはEGR率を上昇させることによって $TF < TF_{max}$ とすることができる。

【0173】

次に加速運転時および減速運転時における運転制御について説明する。本発明による実施例では排気ターボチャージャ15が作動しない運転領域の加速運転時でも良好な加速運転が得られるように加速運転時に電気モータ37が駆動される。一方、減速運転時には電気モータ37が発電機として作動せしめられ、発生した電力が回生される。

10

【0174】

図36は加減速時の処理ルーチンを示しており、このルーチンは一定時間毎の割込みによって実行される。

図36を参照するとまず初めにステップ600において例えばアクセルペダル44の踏み込み量Lの変化量 $L(>0)$ から加速運転時であるか否かが判別される。加速運転時であるときにはステップ601に進んで電気モータ37が発生すべき出力トルク $T_m$ が算出される。この出力トルク $T_m$ は図37に示されるようにアクセルペダル44の踏み込み量Lの変化量 $L$ が大きいほど大きくなる。次いでステップ602では電気モータ37が出力トルク $T_m$ を発生するために電気モータ37に供給すべき三相交流の電流値 $I_m$ が算出される。次いでステップ603では機関回転数Nに基づいて電気モータ37に供給すべき三相交流の周波数 $f_m$ が算出される。次いでステップ604では電流値が $I_m$ で周波数が $f_m$ の三相交流が電気モータ37に供給され、それによって電気モータ37が駆動せしめられる。このように加速運転時には機関の出力トルクに電気モータ37の出力トルクが重畳される。

20

【0175】

次いでステップ605では例えばアクセルペダル44の踏み込み量Lと機関回転数Nから減速運転時であるか否かが判別される。減速運転時であるときにはステップ606に進んで電気モータ37が発電機として作動せしめられ、発生した電力がバッテリー41に回生せしめられる。

30

【0176】

【発明の効果】

電気モータの駆動力を利用して $NO_x$  吸収剤から $NO_x$  および $SO_x$  を確実に放出させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧縮着火式内燃機関の全体図である。

【図2】機関本体の側面断面図である。

【図3】圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す全体図である。

【図4】要求トルクを示す図である。

【図5】スモークおよび $NO_x$  の発生量等を示す図である。

40

【図6】燃焼圧を示す図である。

【図7】スモークの発生量とEGR率との関係を示す図である。

【図8】噴射燃料量と混合ガス量との関係を示す図である。

【図9】燃焼室内のガス温等を示す図である。

【図10】第1の運転領域Iおよび第2の運転領域IIを示す図である。

【図11】スロットル弁の開度等を示す図である。

【図12】第1の運転領域Iにおける空燃比を示す図である。

【図13】噴射量等のマップを示す図である。

【図14】スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。

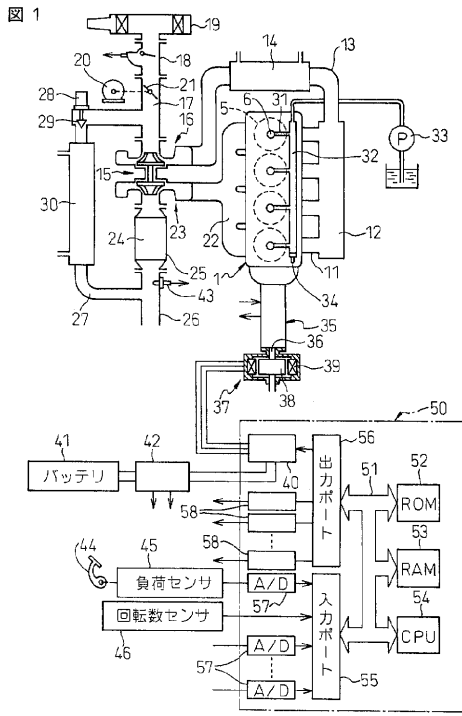
【図15】第2の燃焼における空燃比を示す図である。

50

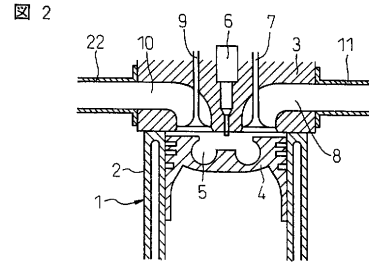


- 【図16】噴射量等のマップを示す図である。
- 【図17】スロットル弁等の目標開度のマップを示す図である。
- 【図18】パティキュレートフィルタを示す図である。
- 【図19】微粒子の酸化作用を説明するための図である。
- 【図20】微粒子の堆積作用を説明するための図である。
- 【図21】酸化除去可能微粒子量とパティキュレートフィルタの温度との関係を示す図である。
- 【図22】微粒子 $\text{NO}_x$  同時処理領域を示す図である。
- 【図23】単位時間当りの $\text{NO}_x$  吸収量のマップを示す図である。
- 【図24】バッテリーに貯蔵された電気エネルギーを説明するための図である。 10
- 【図25】要求トルクを示す図である。
- 【図26】噴射制御を説明するための図である。
- 【図27】 $\text{NO}_x$  放出フラグおよび $\text{SO}_x$  放出フラグを処理するためのフローチャートである。
- 【図28】機関の運転を制御するためのフローチャートである。
- 【図29】機関の運転を制御するためのフローチャートである。
- 【図30】 $\text{SO}_x$  放出処理を行うための第1実施例のフローチャートである。
- 【図31】要求トルクを示す図である。
- 【図32】 $\text{SO}_x$  放出処理を行うための第2実施例のフローチャートである。
- 【図33】要求トルク等を示す図である。 20
- 【図34】 $\text{SO}_x$  放出処理を行うための第3実施例のフローチャートである。
- 【図35】 $\text{SO}_x$  放出処理を行うための第3実施例のフローチャートである。
- 【図36】加減速処理を行うためのフローチャートである。
- 【図37】電気モータが発生すべき出力トルクを示す図である。
- 【符号の説明】
- 6 ... 燃料噴射弁
- 21 ... スロットル弁
- 24 ... パティキュレートフィルタ
- 29 ... EGR制御弁
- 37 ... 電気モータ 30

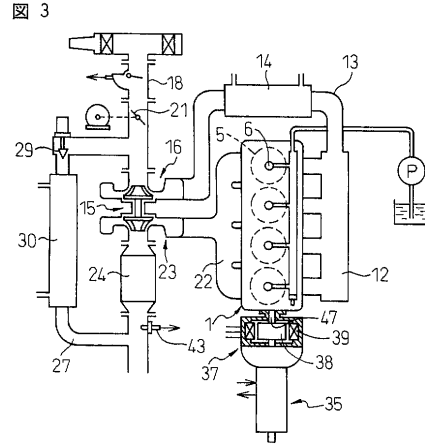
【 図 1 】



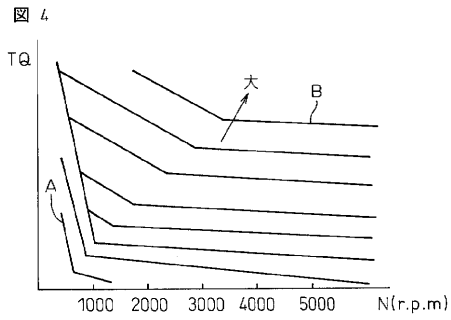
【 図 2 】



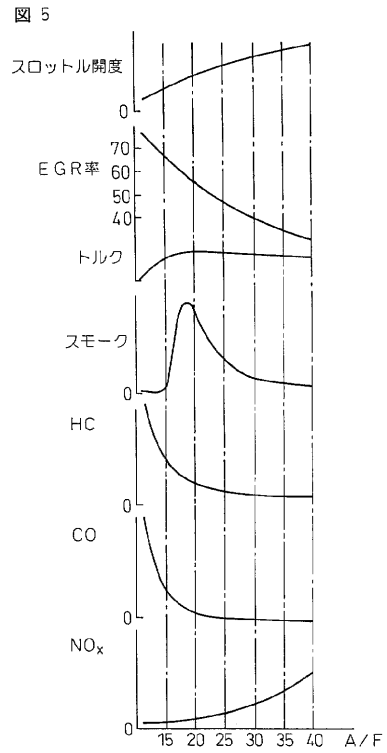
【 図 3 】



【 図 4 】

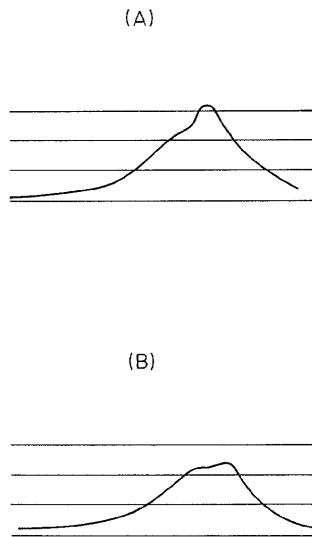


【 図 5 】



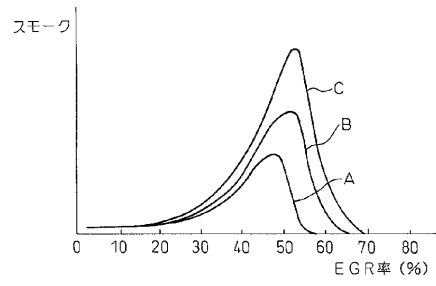
【 図 6 】

図 6



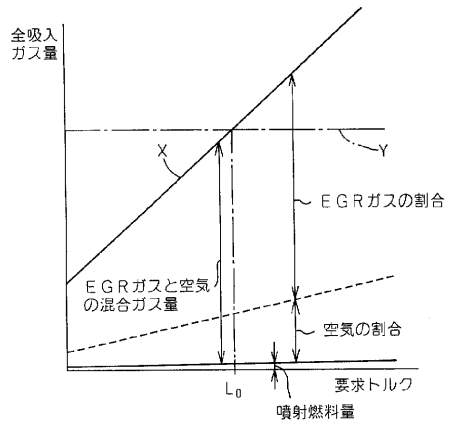
【 図 7 】

図 7



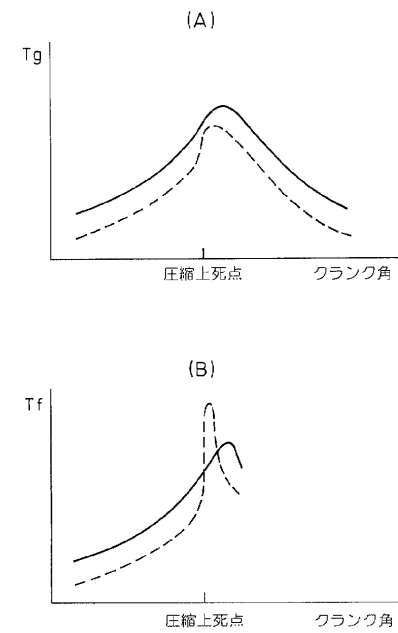
【 図 8 】

図 8

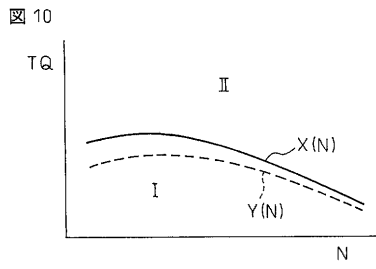


【 図 9 】

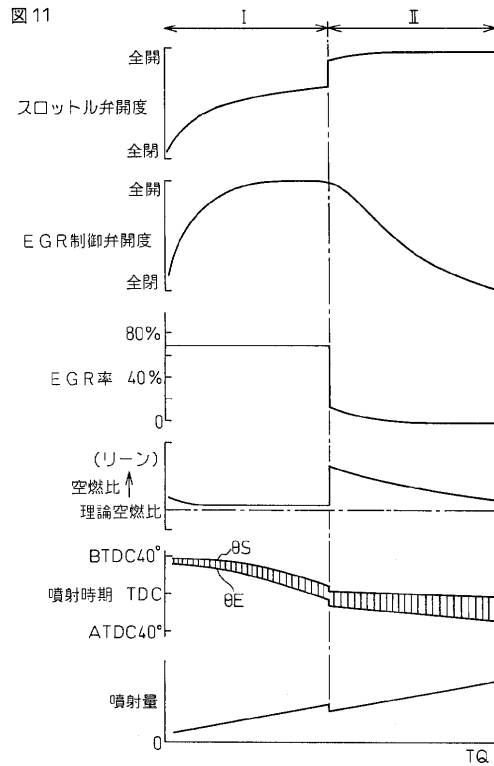
図 9



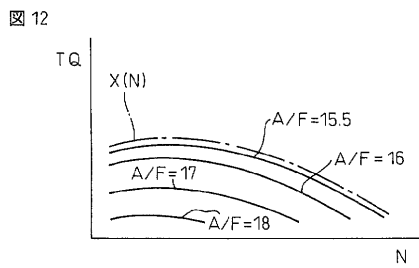
【 図 1 0 】



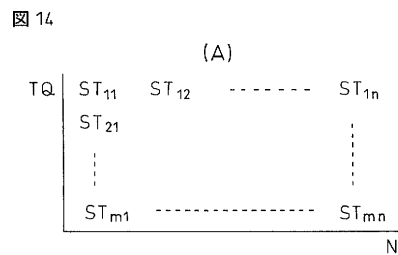
【 図 1 1 】



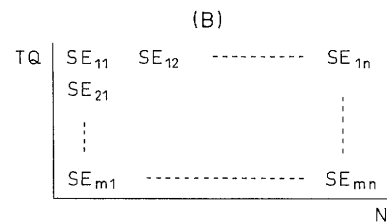
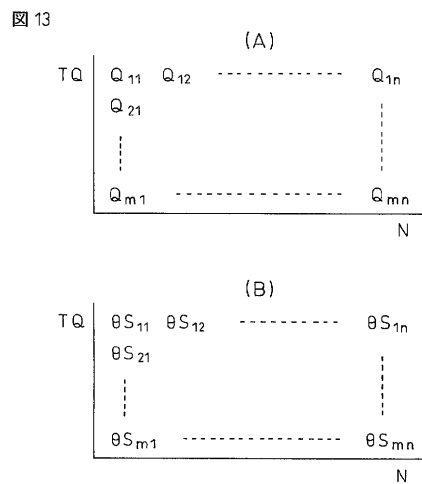
【 図 1 2 】



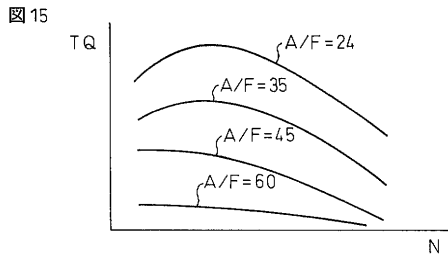
【 図 1 4 】



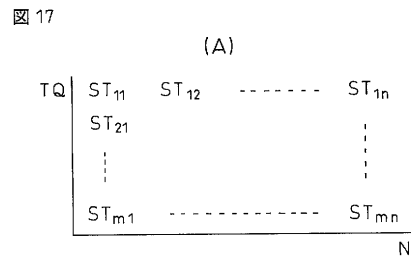
【 図 1 3 】



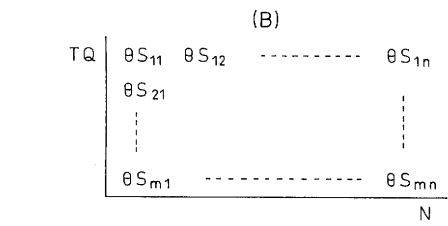
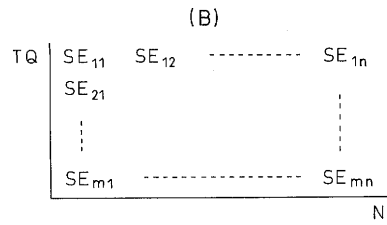
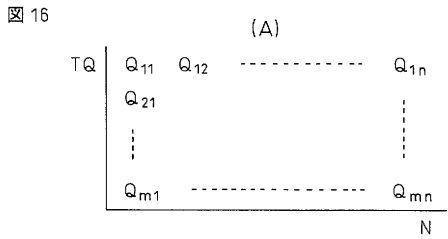
【 図 15 】



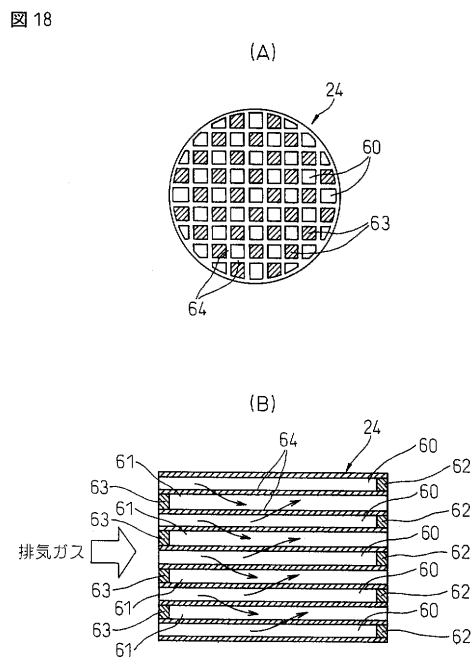
【 図 17 】



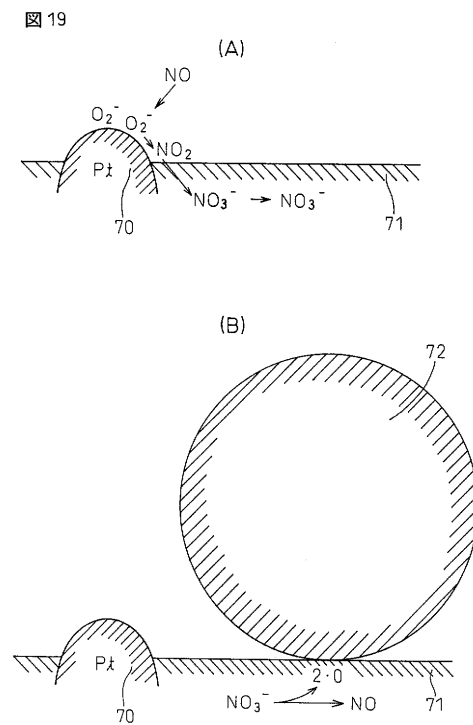
【 図 16 】



【 図 18 】

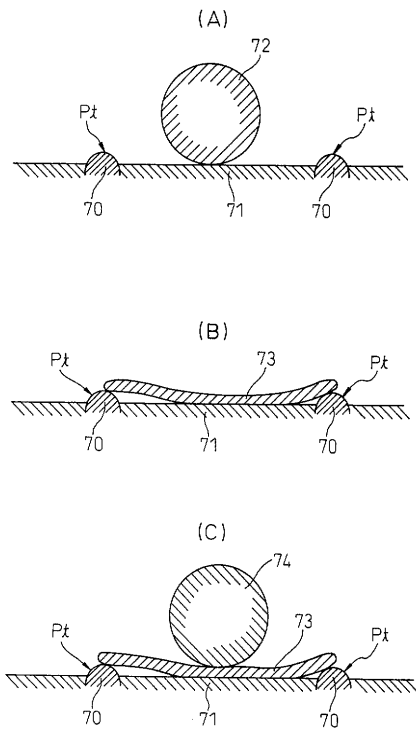


【 図 19 】



【 図 2 0 】

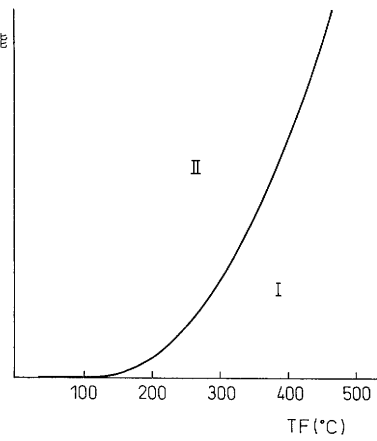
図 20



【 図 2 1 】

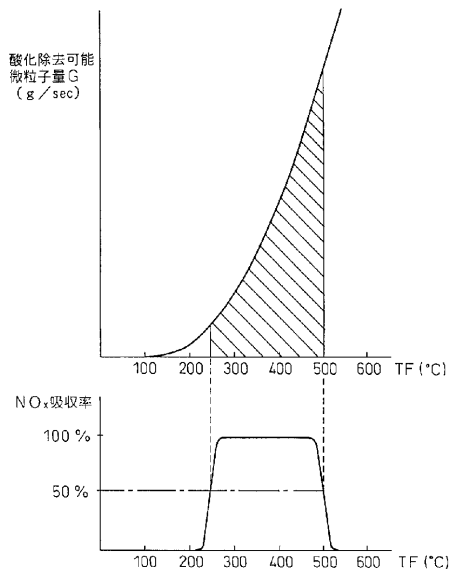
図 21

酸化除去可能  
微粒子量 G  
(g/sec)



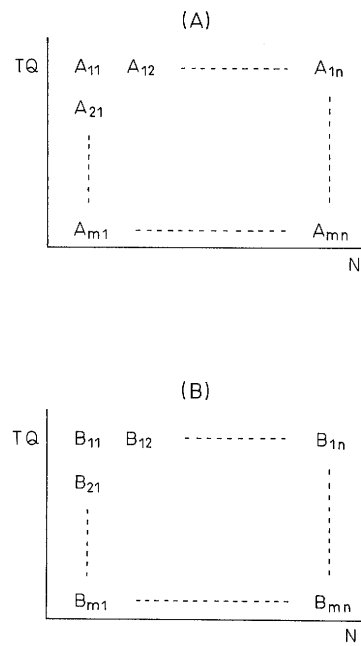
【 図 2 2 】

図 22

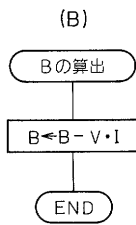
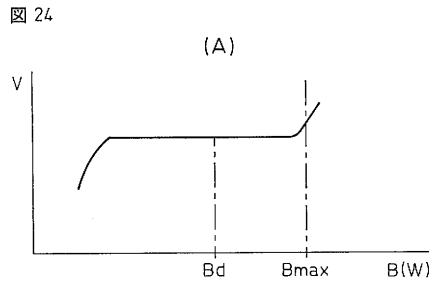


【 図 2 3 】

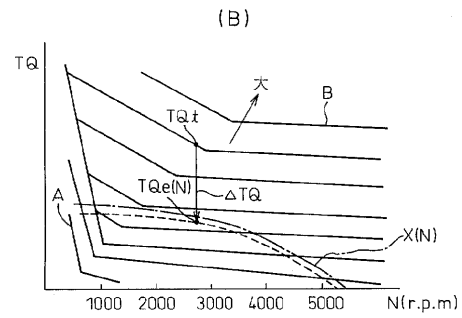
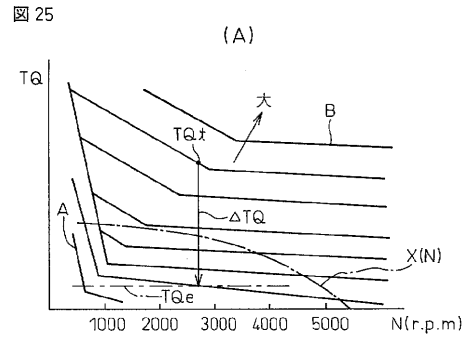
図 23



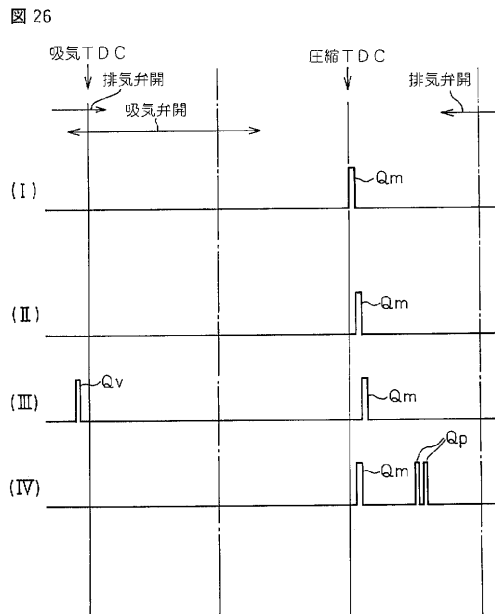
【 図 2 4 】



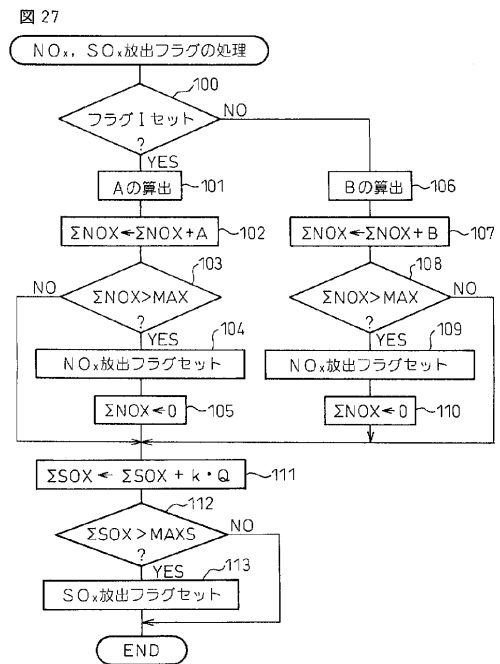
【 図 2 5 】



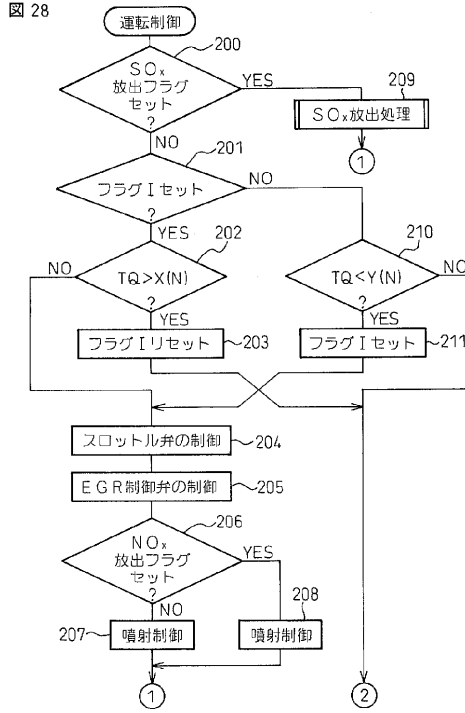
【 図 2 6 】



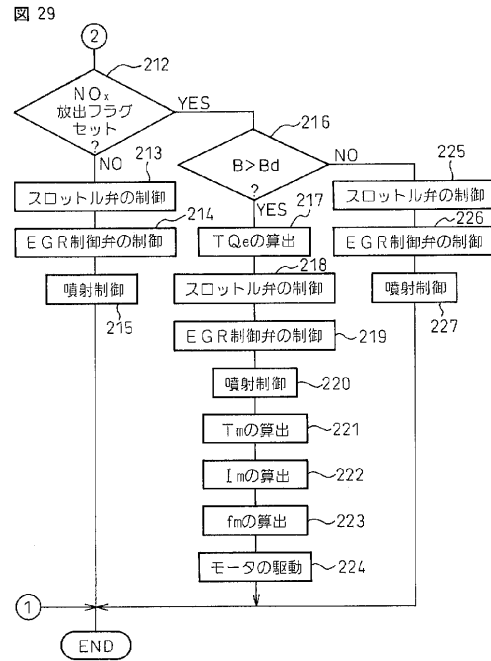
【 図 2 7 】



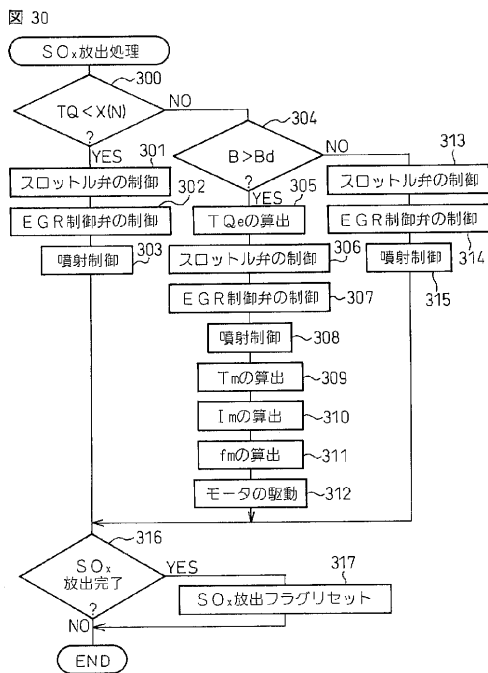
【 図 28 】



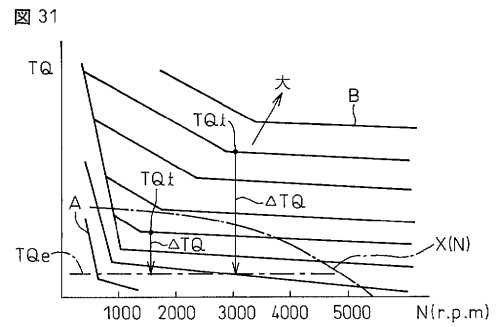
【 図 29 】



【 図 30 】

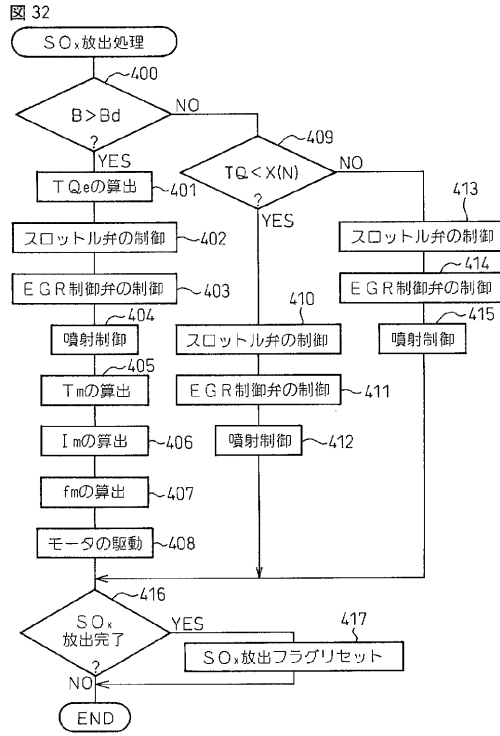


【 図 31 】

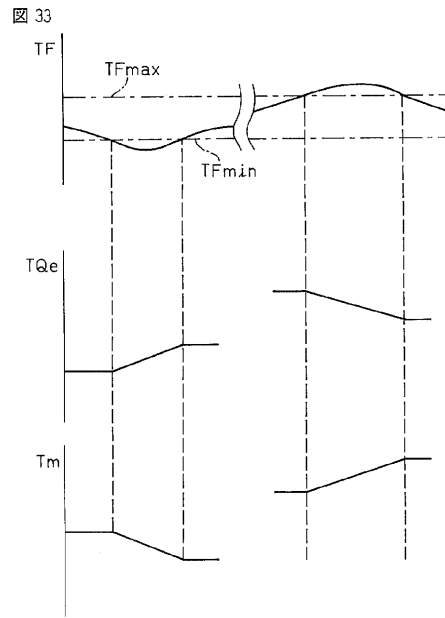




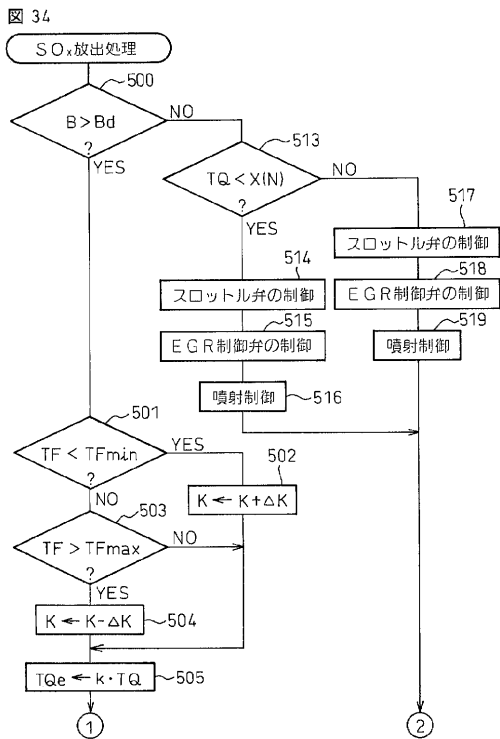
【 図 3 2 】



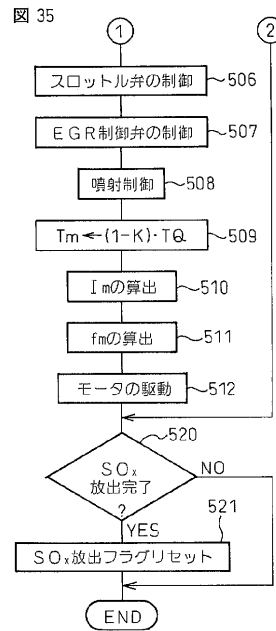
【 図 3 3 】



【 図 3 4 】



【 図 3 5 】



【 図 3 6 】

【 図 3 7 】

図 36

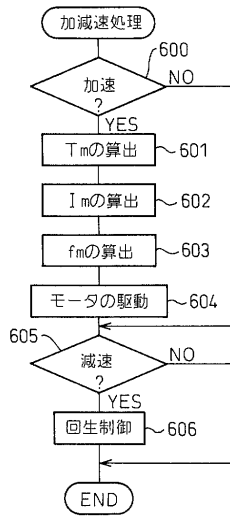
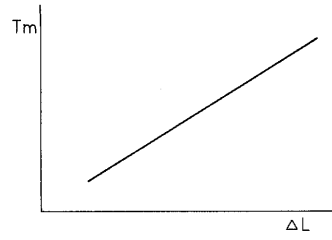


図 37



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 1 N 3/10  
 F 0 1 N 3/20  
 F 0 1 N 3/24  
 F 0 1 N 3/28  
 F 0 2 D 21/08  
 F 0 2 D 41/04  
 F 0 2 D 43/00  
 F 0 2 D 45/00  
 F 0 2 M 25/07

F I

B 6 0 K 6/04 5 3 1  
 F 0 1 N 3/02 3 2 1 A  
 F 0 1 N 3/08 A  
 F 0 1 N 3/10 Z  
 F 0 1 N 3/20 E  
 F 0 1 N 3/24 E  
 F 0 1 N 3/24 S  
 F 0 1 N 3/28 3 0 1 C  
 F 0 2 D 21/08 3 0 1 D  
 F 0 2 D 41/04 3 5 5  
 F 0 2 D 41/04 3 8 0 M  
 F 0 2 D 43/00 3 0 1 E  
 F 0 2 D 43/00 3 0 1 N  
 F 0 2 D 43/00 3 0 1 W  
 F 0 2 D 45/00 3 1 4 Z  
 F 0 2 M 25/07 5 7 0 F  
 F 0 2 M 25/07 5 7 0 G  
 F 0 2 M 25/07 5 7 0 J  
 B 6 0 K 9/00 E

(72)発明者 村田 宏樹

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 稲葉 大紀

(56)参考文献 特開2000-145439(JP,A)

特開平11-311138(JP,A)

特開平11-257054(JP,A)

特開平11-123306(JP,A)

特開平09-084210(JP,A)

特開平06-048222(JP,A)

特開平05-316658(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

B60K 6/02- 6/04

B60L11/00-11/18

F02D29/00-29/06