

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3992011号  
(P3992011)

(45) 発行日 平成19年10月17日(2007.10.17)

(24) 登録日 平成19年8月3日(2007.8.3)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>FO2D 41/04 (2006.01)</b>	FO2D 41/04	305A
<b>FO2D 21/08 (2006.01)</b>	FO2D 41/04	310A
<b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>	FO2D 41/04	330A
	FO2D 21/08	301A
	FO2D 21/08	301C
請求項の数 2 (全 52 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-132831 (P2004-132831)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成16年4月28日(2004.4.28)		トヨタ自動車株式会社
(62) 分割の表示	特願平7-7457の分割		愛知県豊田市トヨタ町1番地
原出願日	平成7年1月20日(1995.1.20)	(74) 代理人	100077517
(65) 公開番号	特開2004-218649 (P2004-218649A)		弁理士 石田 敬
(43) 公開日	平成16年8月5日(2004.8.5)	(74) 代理人	100092624
審査請求日	平成16年4月28日(2004.4.28)		弁理士 鶴田 準一
(31) 優先権主張番号	特願平6-73422	(74) 代理人	100082898
(32) 優先日	平成6年4月12日(1994.4.12)		弁理士 西山 雅也
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	伊藤 泰志
			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	益城 善一郎
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候にNO<sub>x</sub>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NO<sub>x</sub>を放出するNO<sub>x</sub>吸収剤を機関排気通路内に配置した内燃機関の排気浄化方法において、燃焼室内の平均空燃比がリーンの状態で混合気が燃焼せしめられるリーン混合気燃焼運転状態のときに燃焼室内に形成される混合気を成層化して燃焼室内の一部に限られた領域内に着火可能な混合気を形成すると共にこのとき発生するNO<sub>x</sub>をNO<sub>x</sub>吸収剤に吸収させ、リーン混合気燃焼運転状態のときにNO<sub>x</sub>吸収剤からNO<sub>x</sub>を放出すべきときには燃焼室内の平均空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに低下させ、このとき燃料噴射量を増大すると共に吸入空気量を減少させること

10

によって機関出力トルクの増大を抑制すると共にこのときの平均空燃比の低下量に比べて上記燃焼室内の一部に限られた領域内に形成される着火可能な混合気空燃比変動量を小さくするようにした内燃機関の排気浄化方法。

【請求項2】

リーン混合気燃焼運転状態のときにNO<sub>x</sub>吸収剤からNO<sub>x</sub>を放出すべく燃焼室内の平均空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに低下させたときに、再循環排気ガス量を制御する再循環排気ガス弁の開度を小さくしかつ燃料噴射量を増大すると共に吸入空気量を減少させることによって機関出力トルクの増大を抑制するようにした請求項1に記載の内燃機関の排気浄化方法。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は内燃機関の排気浄化方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

流入する排気ガスの空燃比がリーンであるときに $\text{NO}_x$ を吸収し、流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比又はリッチにすると吸収した $\text{NO}_x$ を放出する $\text{NO}_x$ 吸収剤を機関排気通路内に配置し、通常は機関に供給される混合気空燃比をリーンにしてこのとき機関から排出される $\text{NO}_x$ を $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収し、 $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収された $\text{NO}_x$ を放出させるときには機関に供給される混合気をリッチにするようにした内燃機関が本出願人により既に提案されている(特許文献1参照)。

10

【特許文献1】PCT国際公開WO93/07363号

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

ところが燃焼室内に形成される混合気を成層化して燃焼室内の一部に限られた領域内に着火可能な混合気を形成するようにした成層燃焼式内燃機関ではこのような成層作用が行われているときに $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出すべく燃焼室内の平均空燃比をリーンからリッチに切換えるために供給燃料を単に増量すると燃焼室内の一部に限られた領域内に形成される混合気が過濃となり、その結果点火栓によりこの混合気を良好に着火しえないために失火が生じるという問題がある。

20

また、上述の内燃機関におけるように $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出させるために単に機関に供給される混合気をリッチにすると機関の出力トルクが急激に増大するためにショックが発生するという問題も生ずる。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0004】

上記問題点を解決するために本発明によれば、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときに $\text{NO}_x$ 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た内燃機関の排気浄化方法において、燃焼室内の平均空燃比がリーンの状態で混合気が燃焼せしめられるリーン混合気燃焼運転状態のときに燃焼室内に形成される混合気を成層化して燃焼室内の一部に限られた領域内に着火可能な混合気を形成すると共にこのとき発生する $\text{NO}_x$ を $\text{NO}_x$ 吸収剤に吸収させ、リーン混合気燃焼運転状態のときに $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出すべきときには燃焼室内の平均空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに低下させ、このとき燃料噴射量を増大すると共に吸入空気量を減少させることによって機関出力トルクの増大を抑制すると共にこのときの平均空燃比の低下量に比べて燃焼室内の一部に限られた領域内に形成される着火可能な混合気空燃比変動量を小さくするようにしている。

30

## 【発明の効果】

## 【0005】

成層燃焼式の内燃機関において $\text{NO}_x$ 吸収剤から $\text{NO}_x$ を放出すべく供給燃料を増量したときに失火が生じるのを阻止することができる。

40

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0006】

図1から図18は本発明を筒内噴射式内燃機関に適用した場合の第1実施例を示しており、まず初めに図1から図10を参照してこの筒内噴射式内燃機関の基本的な作動について説明する。

図1から図5を参照すると、1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダブロック2内で往復動するピストン、4はシリンダブロック2上に固締されたシリンダヘッド、5はピストン3とシリンダヘッド4間に形成された燃焼室、6aは第1吸気弁、6bは第2吸気弁、7aは第1吸気ポート、7bは第2吸気ポート、8は一对の排気弁、9は一

50

対の排気ポートを夫々示す。図3に示されるように第1吸気ポート7aはヘリカル型吸気ポートからなり、第2吸気ポート7bはほぼまっすぐに延びるストレートポートからなる。更に図3に示されるようにシリンダヘッド4の内壁面の中央部には点火栓10が配置され、第1吸気弁6aおよび第2吸気弁6b間のシリンダヘッド4内壁面周辺部には燃料噴射弁11が配置される。一方、図4および図5に示されるようにピストン3の頂面上にはキャビティ3aが形成される。このキャビティ3aは燃料噴射弁11の下方から点火栓10の下方まで延びるほぼ円形の輪郭形状を有する浅皿部12と、浅皿部12の中央部に形成された半球形状とをなす深皿部13からなる。また、点火栓10下方の浅皿部12と深皿部13との接続部にほぼ球形状をなす凹部14が形成される。

#### 【0007】

10

図1から図3に示されるように各気筒の第1吸気ポート7aおよび第2吸気ポート7bは夫々各吸気枝管15内に形成された第1吸気通路15aおよび第2吸気通路15bを介してサージタンク16内に連結され、各第2吸気通路15b内には夫々吸気制御弁17が配置される。これらの吸気制御弁17は共通のシャフト18を介して例えばステップモータからなるアクチュエータ19に連結される。このステップモータ19は電子制御ユニット30の出力信号に基いて制御される。サージタンク16は吸気ダクト20を介してエアクリーナ21に連結され、吸気ダクト20内には例えばステップモータ22によって駆動されるスロットル弁23が配置される。このステップモータ22も電子制御ユニット30の出力信号に基いて制御される。

#### 【0008】

20

一方、各気筒の排気ポート9は排気マニホールド24に連結され、この排気マニホールド24は排気管25を介して $\text{NO}_x$ 吸収剤26を内蔵したケーシング27に連結される。排気マニホールド24とサージタンク16とは再循環排気ガス(以下EGRガスという)通路28を介して互いに連結され、このEGRガス通路28内にはEGRガスを制御するEGR弁29が配置される。このEGR弁29は電子制御ユニット30の出力信号に基いて制御される。EGR弁29が開弁せしめられているときには空気のみが吸気ポート7a, 7bを介して燃焼室5内に供給され、EGR弁29が開弁せしめられると空気およびEGRガスが吸気ポート7a, 7bを介して燃焼室5内に供給される。

#### 【0009】

電子制御ユニット30はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス31を介して相互に接続されたRAM(ランダムアクセスメモリ)32、ROM(リードオンリメモリ)33、CPU(マイクロプロセッサ)34、入力ポート35および出力ポート36を具備する。アクセルペダル40にはアクセルペダル40の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ41が接続され、負荷センサ41の出力電圧はAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。上死点センサ42は例えば1番気筒が吸気上死点に達したときに出力パルスが発生し、この出力パルスが入力ポート35に入力される。クランク角センサ43は例えばクランクシャフトが30度回転する毎に出力パルスが発生し、この出力パルスが入力ポート35に入力される。CPU34では上死点センサ42の出力パルスとクランク角センサ43の出力パルスから現在のクランク角が計算され、クランク角センサ43の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート36は対応する駆動回路38を介して各燃料噴射弁11および各ステップモータ19, 22に接続される。

30

40

#### 【0010】

図1から図5に示す実施例では燃料噴射弁11が燃料に旋回力を与えつつ噴射するスワール弁からなり、この燃料噴射弁11からは図3および図4においてFで示されるように燃料が円錐状に噴射される。図6はこの燃料噴射弁11からの燃料噴射量と燃料噴射時期とを示しており、図7は図6と同じ燃料噴射量に加えてスロットル弁23の開度と、EGR弁29の開度と、燃焼室5内における平均空燃比A/Fを示している。なお、図6および図7においてLはアクセルペダル40の踏み込み量を示している。図6からわかるようにアクセルペダル40の踏み込み量Lが $L_1$ よりも小さい機関低負荷運転時には圧縮行程末期に噴射量 $Q_2$ だけ燃料噴射が行われる。一方、アクセルペダル40の踏み込み量Lが $L_1$ と

50

$L_2$  の間の機関中負荷運転時には吸気行程中に噴射量  $Q_1$  だけ燃料噴射が行われ、圧縮行程末期に噴射量  $Q_2$  だけ燃料が噴射される。即ち、機関中負荷運転時には吸気行程と圧縮行程末期の 2 回に分けて燃料噴射が行われる。また、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも大きい機関高負荷運転時には吸気行程中に噴射量  $Q_1$  だけ燃料が噴射される。なお、図 6 において  $S_1$  および  $E_1$  は吸気行程中に行われる燃料噴射  $Q_1$  の噴射開始時期と噴射完了時期を夫々示しており、 $S_2$  と  $E_2$  は圧縮行程末期に行われる燃料噴射  $Q_2$  の噴射開始時期と噴射完了時期を夫々示している。

#### 【0011】

一方、図 7 に示されるようにアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも小さい機関低中負荷運転時にはスロットル弁 23 の開度はかなり小さく、またこのときスロットル弁 23 の開度はアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が小さくなるほど小さくなる。一方、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも大きくなるとスロットル弁 23 の開度は急速に大きくなって全開する。また、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも小さい機関低中負荷運転時には EGR 弁 29 の開度はかなり大きく、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも大きくなると EGR 弁 29 の開度は急速に小さくなって全開する。燃烧室 5 内における平均空燃比は高負荷運転領域 ( $L > L_2$ ) の或る時点  $L_0$  においてリーンからリッチに切換わる。即ち、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_0$  よりも小さい範囲では平均空燃比  $A/F$  はリーンとなり、またこのときアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が小さくなるほど平均空燃比  $A/F$  はリーンとなる。一方、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_0$  よりも大きくなると平均空燃比  $A/F$  はリッチとなる。

#### 【0012】

図 8 は吸気制御弁 17 の開度とアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  との関係を示している。図 8 に示されるようにアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_1$  よりも小さい機関低負荷運転時には吸気制御弁 17 は全閉状態に保持されており、アクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_1$  よりも大きくなると吸気制御弁 17 はアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が大きくなるにつれて開弁せしめられる。吸気制御弁 17 が全閉せしめられると吸入空気はヘリカル状をなす第 1 吸気ポート 7a を介して旋回しつつ燃烧室 5 内に流入し、斯くして燃烧室 5 内には図 3 において矢印 S で示すような強力な旋回流が発生せしめられる。一方、吸気制御弁 17 が開弁すると第 2 吸気ポート 7b から吸入空気が燃烧室 5 内に流入する。

#### 【0013】

次に図 9 および図 10 を参照しつつ燃烧方法について説明する。なお、図 9 は機関低負荷運転時における燃烧方法を示しており、図 10 は機関中負荷運転時における燃烧方法を示している。

図 6 に示されるようにアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_1$  よりも小さい機関負荷運転時には圧縮行程末期に燃料が噴射される。このとき噴射燃料 F は図 9 (A) および (B) に示されるように深皿部 13 の周壁面に衝突する。このときの噴射量  $Q_2$  は図 6 に示されるようにアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が大きくなるにつれて増大する。深皿部 13 の周壁面に衝突した燃料は旋回流 S によって気化せしめられつつ拡散され、それによって図 9 (C) に示されるように凹部 14 および深皿部 13 内に、即ちキャビティ 3a 内に可燃混合気 G が形成される。このとき凹部 14 および深皿部 13 以外の燃烧室 5 内は空気と EGR ガスで満たされている。次いで混合気 G が点火栓 10 によって着火せしめられる。

#### 【0014】

一方、図 6 においてアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_1$  と  $L_2$  の間である機関中負荷運転時には吸気行程中に第 1 回目の燃料噴射  $Q_1$  が行われ、次いで圧縮行程末期に第 2 回目の燃料噴射  $Q_2$  が行われる。即ち、まず初めに図 10 (A) に示されるように吸気行程初期にキャビティ 3a 内に向けて燃料噴射 F が行われ、この噴射燃料によって燃烧室 5 内全体に希薄混合気 G が形成される。次いで図 10 (B) に示されるように圧縮行程末期にキャビティ 3a 内に向けて燃料噴射 F が行われ、図 10 (C) に示されるようにこの噴射燃料によって凹部 14 および深皿部 13 内には火種となる可燃混合気 G が形成される。この可燃混合気 G は点火栓 10 によって着火せしめられ、この着火火炎によって燃烧室 5 内

10

20

30

40

50

全体の希薄混合気が燃焼せしめられる。この場合、圧縮行程末期に噴射される燃料は火種を作れば十分であるので図6に示されるように機関中負荷運転時にはアクセルペダル40の踏込み量Lにかかわらず圧縮行程末期の燃料噴射量 $Q_2$ は一定に維持される。これに対して吸気行程初期の燃料噴射量 $Q_1$ はアクセルペダル40の踏込み量Lが大きくなるにつれて増大する。

#### 【0015】

図6においてアクセルペダル40の踏込み量Lが $L_2$ よりも大きい機関高負荷運転時には吸気行程初期に一回だけ燃料が噴射され、それによって燃焼室15内に均一混合気が形成される。このとき吸気行程初期の燃料噴射量は図6に示されるようにアクセルペダル40の踏込み量Lが大きくなるにつれて増大する。

10

以上が図1に示す筒内噴射式内燃機関の基本的な燃焼方法である。次にこの筒内噴射式内燃機関に適した排気ガスの浄化方法について説明する。

#### 【0016】

まず初めに図11を参照するとこの図11は燃焼室5から排出される排気ガス中の代表的な成分の濃度と燃焼室5内における平均空燃比A/Fとの関係を概略的に示している。図11からわかるように燃焼室5から排出される排気ガス中の未燃HC、COの濃度は燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリッチになるほど増大し、燃焼室5から排出される排気ガス中の酸素 $O_2$ の濃度は燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリーンになるほど増大する。

#### 【0017】

一方、図1に示すケーシング27内に收容されている $NO_x$ 吸収剤26は例えばアルミナを担体とし、この担体上に例えばカリウムK、ナトリウムNa、リチウムLi、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少くとも一つと、白金Ptのような貴金属とが担持されている。機関吸気通路、燃焼室5および $NO_x$ 吸収剤26上流の排気通路内に供給された全空気量と全燃料(炭化水素)量の比を $NO_x$ 吸収剤26への流入排気ガスの空燃比と称するこの $NO_x$ 吸収剤26は流入排気ガスの空燃比がリーンのときには $NO_x$ を吸収し、流入排気ガス中の酸素濃度が低下すると吸収した $NO_x$ を放出する $NO_x$ の吸放出作用を行う。なお、 $NO_x$ 吸収剤26上流の排気通路内に燃料(炭化水素)或いは空気が供給されない場合には流入排気ガスの空燃比は燃焼室5内における平均空燃比A/Fに一致し、従ってこの場合には $NO_x$ 吸収剤26は燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリーンのときには $NO_x$ を吸収し、燃焼室5内のガス中の酸素濃度が低下すると吸収した $NO_x$ を放出することになる。

20

30

#### 【0018】

上述の $NO_x$ 吸収剤26を機関排気通路内に配置すればこの $NO_x$ 吸収剤26は実際に $NO_x$ の吸放出作用を行うがこの吸放出作用の詳細なメカニズムについては明らかでない部分もある。しかしながらこの吸放出作用は図12に示すようなメカニズムで行われているものと考えられる。次にこのメカニズムについて担体上に白金PtおよびバリウムBaを担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類、希土類を用いても同様なメカニズムとなる。

40

#### 【0019】

即ち、燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリーンであり、従って流入排気ガスがリーンであるときには流入排気ガス中の酸素濃度が高くなり、このとき図12(A)に示されるようにこれら酸素 $O_2$ が $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ の形で白金Ptの表面に付着する。一方、流入排気ガス中のNOは白金Ptの表面上で $O_2^-$ 又は $O^{2-}$ と反応し、 $NO_2$ となる( $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ )。次いで生成された $NO_2$ の一部は白金Pt上で酸化されつつ吸収剤内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら図12(A)に示されるように硝酸イオン $NO_3^-$ の形で吸収剤内に拡散する。このようにして $NO_x$ が $NO_x$ 吸収剤26内に吸収される。

#### 【0020】

50

流入排気ガス中の酸素濃度が高い限り白金 Pt の表面で  $\text{NO}_2$  が生成され、吸収剤の  $\text{NO}_x$  吸収能力が飽和しない限り  $\text{NO}_2$  が吸収剤内に吸収されて硝酸イオン  $\text{NO}_3^-$  が生成される。これに対して流入排気ガス中の酸素濃度が低下して  $\text{NO}_2$  の生成量が低下すると反応が逆方向 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ) に進み、斯くして吸収剤内の硝酸イオン  $\text{NO}_3^-$  が  $\text{NO}_2$  の形で吸収剤から放出される。即ち、流入排気ガス中の酸素濃度が低下すると  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から  $\text{NO}_x$  が放出されることになる。図 11 からわかるように流入排気ガスのリーンの度合が低くなれば流入排気ガス中の酸素濃度が低下し、従って流入排気ガスのリーンの度合を低くすればたとえ流入排気ガスの空燃比がリーンであっても  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から  $\text{NO}_x$  が放出されることになる。

#### 【0021】

一方、このとき燃焼室 3 内における平均空燃比 A / F がリッチにされて流入排気ガスの空燃比がリッチになると図 11 に示されるように機関からは多量の未燃 HC, CO が排出され、これら未燃 HC, CO は白金 Pt 上の酸素  $\text{O}_2$  又は  $\text{O}^{2-}$  と反応して酸化せしめられる。また、流入排気ガスの空燃比がリッチになると流入排気ガス中の酸素濃度が極度に低下するために吸収剤から  $\text{NO}_2$  が放出され、この  $\text{NO}_2$  は図 12 (B) に示されるように未燃 HC, CO と反応して還元せしめられる。このようにして白金 Pt の表面上に  $\text{NO}_2$  が存在しなくなると吸収剤から次から次へと  $\text{NO}_2$  が放出される。従って流入排気ガスの空燃比をリッチにすると短時間のうちに  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から  $\text{NO}_x$  が放出されることになる。

#### 【0022】

即ち、流入排気ガスの空燃比をリッチにするとまず始めに未燃 HC, CO が白金 Pt 上の  $\text{O}_2$  又は  $\text{O}^{2-}$  とただちに反応して酸化せしめられ、次いで白金 Pt 上の  $\text{O}_2$  又は  $\text{O}^{2-}$  が消費されてもまだ未燃 HC, CO が残っていればこの未燃 HC, CO によって吸収剤から放出された  $\text{NO}_x$  および機関から排出された  $\text{NO}_x$  が還元せしめられる。従って流入排気ガスの空燃比をリッチにすれば短時間のうちに  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収されている  $\text{NO}_x$  が放出され、しかもこの放出された  $\text{NO}_x$  が還元されるために大気中に  $\text{NO}_x$  が排出されるのを阻止することができることになる。また、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 は還元触媒の機能を有しているので流入排気ガスの空燃比を理論空燃比にしても  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から放出された  $\text{NO}_x$  が還元せしめられる。しかしながら流入排気ガスの空燃比を理論空燃比にした場合には  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から  $\text{NO}_x$  が徐々にしか放出されないために  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 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。

#### 【0023】

上述したように燃焼室 5 内における平均空燃比 A / F がリーンであるときには  $\text{NO}_x$  が  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される。しかしながら  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 の  $\text{NO}_x$  吸収能力には限度があり、 $\text{NO}_x$  吸収剤 26 の  $\text{NO}_x$  吸収能力が飽和すれば  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 はもはや  $\text{NO}_x$  を吸収しえなくなる。従って  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 の  $\text{NO}_x$  吸収能力が飽和する前に  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から  $\text{NO}_x$  を放出させる必要があり、そのためには  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 にどの程度の  $\text{NO}_x$  が吸収されているかを推定する必要がある。そこで次にこの  $\text{NO}_x$  吸収量の推定方法について説明する。

#### 【0024】

燃焼室 5 内の平均空燃比 A / F がリーンであるときには機関負荷が高くなるほど単位時間当り機関から排出される  $\text{NO}_x$  量が増大するために単位時間当り  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される  $\text{NO}_x$  量が増大し、また機関回転数が高くなるほど単位時間当り機関から排出される  $\text{NO}_x$  量が増大するために単位時間当り  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される  $\text{NO}_x$  が増大する。従って単位時間当り  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される  $\text{NO}_x$  量は機関負荷と機関回転数の関数となる。この場合、機関負荷はアクセルペダル 40 の踏込み量 L でもって代表することができるので単位時間当り  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される  $\text{NO}_x$  量はアクセルペダル 40 の踏込み量 L と機関回転数 N の関数となる。従って図 1 に示す実施例では単位時間当り  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収される  $\text{NO}_x$  量 A をアクセルペダル 40 の踏込み量 L および機関回転数 N の関数として予め実験により求め、この  $\text{NO}_x$  量 A が L および N の関数とし

10

20

30

40

50

て図14(A)に示すマップの形で予めROM33内に記憶されている。

【0025】

一方、燃焼室5内における平均空燃比A/Fが理論空燃比又はリッチになるとNO<sub>x</sub>吸収剤26からNO<sub>x</sub>が放出されるがこのときのNO<sub>x</sub>放出量は主に排気ガス量と平均空燃比の影響を受ける。即ち、排気ガス量が増大するほど単位時間当りNO<sub>x</sub>吸収剤26から放出されるNO<sub>x</sub>量が増大し、平均空燃比がリッチとなるほど単位時間当りNO<sub>x</sub>吸収剤26から放出されるNO<sub>x</sub>量が増大する。この場合、排気ガス量、即ち吸入空気量はアクセルペダル40の踏み込み量Lと機関回転数Nの関数となり、平均空燃比A/Fもアクセルペダル40の踏み込み量Lと機関回転数Nの関数となる。従って単位時間当りNO<sub>x</sub>吸収剤26から放出されるNO<sub>x</sub>量Dはアクセルペダル40の踏み込み量Lと機関回転数Nの関数となり、このNO<sub>x</sub>量DはLおよびNの関数として図14(B)に示すマップの形で予めROM33内に記憶されている。

10

【0026】

上述したように燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリーンするときには単位時間当りのNO<sub>x</sub>吸収量がAで表わされ燃焼室5内における平均空燃比A/Fが理論空燃比又はリッチするときには単位時間当りのNO<sub>x</sub>放出量がDで表わされるのでNO<sub>x</sub>吸収剤26に吸収されていると推定されるNO<sub>x</sub>量NOXは次式を用いて算出できることになる。

【0027】

$$NOX = NOX + A - D$$

図13はこのNO<sub>x</sub>量NOXと燃焼室5内における平均空燃比A/Fとの関係を示している。図7からわかるように機関負荷LがL<sub>0</sub>よりも低いときには燃焼室5内における平均空燃比A/Fはリーンとなっており、このときにはNO<sub>x</sub>がNO<sub>x</sub>吸収剤26に吸収されるので図13に示されるようにNO<sub>x</sub>量NOXが増大する。一方、図7に示されるように機関負荷LがL<sub>0</sub>よりも高くなると燃焼室5内における平均空燃比A/FがリッチとなるためにNO<sub>x</sub>吸収剤26からNO<sub>x</sub>が放出される。従って図13においてXで示されるように機関負荷LがL<sub>0</sub>よりも高くなって平均空燃比A/FがリッチになるとNO<sub>x</sub>量NOXが減少する。

20

【0028】

一方、平均空燃比A/Fが継続的にリーンにされてNO<sub>x</sub>量NOXが許容値MAXを越えると図13においてYで示されるように燃焼室5内における平均空燃比A/Fが強制的にリッチとされる。平均空燃比A/FがリッチにされるとNO<sub>x</sub>吸収剤26から急速にNO<sub>x</sub>が放出され、斯くして図13に示されるようにNO<sub>x</sub>量NOXが急速に減少する。次いでNO<sub>x</sub>量NOXが下限値MINまで低下すると平均空燃比A/Fはリッチからリーンに戻される。

30

【0029】

ところで例えば図9に示されるように燃焼室5内に形成される混合気を成層化して燃焼室5内の一部の限られた領域、即ちキャビティ3a内に着火可能な混合気を形成するようにした場合にはこのような成層作用が行われているときにNO<sub>x</sub>吸収剤26からNO<sub>x</sub>を放出すべく燃焼室5内の平均空燃比をリーンからリッチに切換えるために圧縮行程の噴射量を単に増量すると燃焼室5内の一部の限られた領域内、即ちキャビティ3a内に形成される混合気が過濃になってしまう。その結果、キャビティ3a内の混合気を点火栓10により良好に着火できなくなるために失火してしまうという問題を生じることになる。

40

【0030】

また、一般的に云って燃焼室5内における平均空燃比A/Fがリーンからリッチに切換えられると機関出力トルクが急激に増大するためにショックが発生する。ところがこのようなショックは運転者に不快感を与えるためにこのようなショックの発生を阻止しなければならない。そこで本発明による実施例ではキャビティ3a内に形成される可燃混合気が過濃になるのを阻止し、併せて上述の如きショックが発生しないように平均空燃比A/Fをリーンからリッチに切換えるようにしており、次にこのことについて図15および図16を参照しつつ説明する。

50

## 【0031】

図15において破線は図7に示す通常運転時における燃料噴射量 $Q$ 、スロットル弁23の開度および燃焼室5内における平均空燃比 $A/F$ を示している。まず初めに機関負荷 $L$ が $L_1$ よりも低い機関低負荷運転時において $NO_x$ 吸収剤26から $NO_x$ を放出させるために平均空燃比 $A/F$ をリーンからリッチに切換える場合について説明する。機関低負荷運転時には機関負荷 $L$ が予め定められた下限負荷 $L_{min}$ 以下ではたとえ $NO_x > MAX$  (図13)になっても平均空燃比 $A/F$ のリーンからリッチへの切換え作用は行わず、機関負荷 $L$ が下限負荷 $L_{min}$ 以上のときに $NO_x > MAX$ になれば平均空燃比 $A/F$ をリーンからリッチに切換えるようにしている。即ち機関負荷 $L$ が $L_{min} < L < L_1$ のときに $NO_x > MAX$ になると図16に示されるように $NO_x$ 放出フラグがセットされ、燃焼室5内の平均空燃比 $A/F$ がリーンからリッチに切換えられる。図15で云うとこのとき平均空燃比 $A/F$ は破線で示されるリーンから実線で示されるリッチに切換えられる。

10

## 【0032】

このときの平均空燃比 $A/F$ のリーンからリッチへの切換え作用は図15および図16に示すように圧縮行程噴射 $Q_2$ に加えて吸気行程噴射 $Q_1$ を追加し、図15に示されるように圧縮行程噴射量 $Q_2$ を破線で示す通常運転時に比べて減少させると共に圧縮行程噴射量 $Q_2$ と吸気行程噴射量 $Q_1$ との和を破線で示される通常運転時の噴射量に比べて増大させることによって行われる。従ってこの場合、吸気行程噴射量 $Q_1$ を破線を境にして噴射量部分 $Q_a$ と噴射量部分 $Q_b$ とに分けたとすると圧縮行程噴射量 $Q_2$ と噴射量部分 $Q_a$ との和が破線で示される通常運転時の噴射量 $Q$ に等しくなり、噴射量部分 $Q_b$ は供給燃料の増大分となる。

20

## 【0033】

ところでこの場合、圧縮行程噴射 $Q_2$ による燃料と噴射量部分 $Q_a$ の燃料とによってキャビティ3a内に混合気が形成され、噴射量部分 $Q_b$ の燃料がキャビティ3a以外の領域に分散せしめられればキャビティ3a内に形成される混合気空燃比は通常運転時と同じになる。即ち、総噴射量が增量されてもキャビティ3a内に形成される混合気は過濃になることはなく、斯くして失火を生ずることなくキャビティ3a内に形成された混合気は点火栓10によって良好に着火せしめられることになる。

## 【0034】

一方、この場合、圧縮行程噴射 $Q_2$ による燃料と噴射部分 $Q_a$ の燃料とを燃焼させ、噴射量部分 $Q_b$ の燃料を燃焼させないようにすれば燃焼せしめられる燃料量は破線で示される通常運転時の燃料量と同じになるために機関の出力トルクは変化せず、噴射量部分 $Q_b$ の燃料は単に平均空燃比 $A/F$ をリーンからリッチに切り換えるだけに使用される。そこで本発明による実施例では圧縮行程噴射 $Q_2$ による燃料と噴射量部分 $Q_a$ の燃料とにより燃焼させるべき可燃混合気を形成し、供給燃料の増大分である噴射量部分 $Q_b$ の燃料により不可燃混合気を形成して失火の発生を阻止するのはもとより機関の出力トルクが変化するのを阻止しつつ平均空燃比 $A/F$ をリーンからリッチに切換えて $NO_x$ 吸収剤26から $NO_x$ を放出させるようにしている。

30

## 【0035】

即ち、吸気行程噴射 $Q_1$ が行われるとこの噴射燃料は燃焼室5内全体に分散されるがこの吸気行程噴射量 $Q_1$ は火炎が伝播しえない希薄混合気を形成しうる量とされる。しかしながらこのような希薄混合気であっても圧縮行程噴射 $Q_2$ により形成される可燃混合気 $G$  (図9(C)参照)内に混入すれば燃焼せしめられる。この場合、圧縮行程噴射 $Q_2$ により形成される可燃混合気 $G$ はキャビティ3a内のほぼ全体を占めるので噴射量部分 $Q_a$ の燃焼がキャビティ3a内のほぼ全体を占めるように吸気行程噴射量 $Q_1$ を定めれば燃焼せしめられる燃料量は通常運転時と同じとなり、斯くして平均空燃比 $A/F$ をリーンからリッチに切換えても失火を生ずることがなく、しかも機関の出力トルクは変化しないことになる。

40

## 【0036】

次にこのことについて具体的数値(現実の数値ではない)を用いて説明すると例えば通

50

常運転時における平均空燃比が17のリーンであり、このとき空気量が17(g)であり、燃料量が1(g)であったとする。平均空燃比A/Fをリーンからリッチに切替えたときにキャピティ3a内の可燃混合気の55%を圧縮行程噴射 $Q_2$ により形成し、残りの45%を吸気行程噴射 $Q_1$ により形成したとすると圧縮行程噴射量 $Q_2$ は0.55(g)となり、吸気行程噴射量 $Q_1$ の噴射量部分 $Q_a$ は0.45(g)となる。一方、燃焼室5の全容積に対するキャピティ3aの容積を65%とすると全吸気行程噴射量( $Q_a + Q_b$ )は0.45(g)/0.65 = 0.7(g)となる。従って吸気行程噴射 $Q_1$ により形成される希薄混合気の空燃比は17(g)/0.7(g) = 24.3となり、不可燃混合気となる。一方、燃焼室5内における平均空燃比A/Fは17(g)/[0.55(g) + 0.7(g)] = 13.6となり、リッチとなる。またこのときキャピティ3a内に形成される可燃混合気に含まれる燃料は1(g)であって通常運転時と変わらない。

10

## 【0037】

このように吸気行程噴射量 $Q_1$ および圧縮行程噴射量 $Q_2$ を適切に設定するとキャピティ3a内に形成される混合気の空燃比を変化させず、しかも燃焼せしめられる燃料量を変化させずに平均空燃比A/Fをリーンからリッチに切替えることができる。なお、図15に示すこれら吸気行程噴射量 $Q_1$ ( $Q_a + Q_b$ )および圧縮行程噴射量 $Q_2$ はアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nの関数の形で予めROM33内に記憶されている。

## 【0038】

次に機関負荷Lが $L_1$ よりも大きく $L_0$ よりも低いときに $NO_x$ 吸収剤26から $NO_x$ を放出させるために平均空燃比A/Fをリーンからリッチに切替える場合について説明する。このときには図15において実線で示されるようにスロットル弁23が予め定められた開度だけ閉弁せしめられる。スロットル弁23が閉弁せしめられると燃焼室5内に供給される空気量が減少するために燃焼室5内における平均空燃比A/Fが小さくなる。このとき平均空燃比A/Fが図15において実線で示す予め定められたリッチ空燃比となるようにスロットル弁23は閉弁せしめられ、このスロットル23の閉弁量はアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nの関数の形で予めROM33内に記憶されている。

20

## 【0039】

なお、スロットル弁23が閉弁せしめられるとポンピング損失が増大するために機関の出力トルクが低下する。そこで本発明による実施例ではこのとき機関の出力トルクが低下しないように吸気行程噴射量 $Q_1$ が $Q_c$ だけ(図15において破線よりも上方の部分だけ)増大せしめられる。なお、この吸気行程噴射 $Q_1$ の増量分 $Q_c$ はアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nの関数の形で予めROM33内に記憶されている。なお、このとき圧縮行程噴射量 $Q_2$ は火種を形成するのに最適な燃料量となっているので圧縮行程噴射量 $Q_2$ を増量せずに吸気行程噴射量 $Q_1$ を増量するようにしている。

30

## 【0040】

次に図17および図18を参照しつつ燃料噴射の制御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17および図18を参照するとまず初めにステップ100において $NO_x$ 吸収剤26に吸収されていると推定される $NO_x$ 量  $NO_x$ が許容値MAXよりも大きいかが判別される。 $NO_x$  MAXのときにはステップ101に進んで $NO_x$ 放出フラグがセットされているかが判別される。通常は $NO_x$ 放出フラグはリセットされているのでステップ102に進む。ステップ102ではアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nに基いて予めROM33内に記憶されている図6に示す関係から吸気行程噴射量 $Q_1$ および圧縮行程噴射量 $Q_2$ が算出され、次いでステップ103ではアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nに基いて予めROM33内に記憶されている図6に示す関係から噴射時期が算出され、次いでステップ104ではアクセルペダル40の踏み込み量Lおよび機関回転数Nに基いて予めROM33内に記憶されている図7に示す関係からスロットル弁23の開度が算出される。

40

## 【0041】

50

次いでステップ105ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ および機関回転数 $N$ に基いて予めROM33内に記憶されている図7に示す関係からEGR弁29の開度が算出され、次いでステップ106ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ に基いて予めROM33内に記憶されている図8に示す関係から吸気制御弁17の開度が算出される。次いでステップ107ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ が $L_0$ 。(図7)よりも低いかが判別される。 $L < L_0$ のときにはステップ108に進んで図14(A)に示すマップから $NO_x$ 放出量 $A$ が算出される。次いでステップ109では $NO_x$ 放出量 $D$ が零とされ、次いでステップ112に進む。一方、ステップ107において $L \geq L_0$ であると判別されたときにはステップ110に進んで図14(B)に示すマップから $NO_x$ 放出量 $D$ が算出される。次いでステップ111では $NO_x$ 吸収量 $A$ が零とされ、次いでステップ112に進む。

10

## 【0042】

ステップ112では $NO_x$ 吸収剤26に吸収されていると推定される $NO_x$ 量 $NOX$ ( $= NOX + A - D$ )が算出される。次いでステップ113では $NOX$ が負になったか否かが判別され、 $NOX < 0$ になったときにはステップ114に進んで $NOX$ が零とされる。次いでステップ115では $NOX$ が下限値 $MIN$ よりも小さくなったか否かが判別され、 $NOX < MIN$ になったときにはステップ116に進んで $NO_x$ 放出フラグがリセットされる。

## 【0043】

一方、ステップ100において $NOX > MAX$ になったと判別されたときにはステップ117に進んで $NO_x$ 放出フラグがセットされる。 $NO_x$ 放出フラグがセットされるとステップ101からステップ118に進んで機関負荷 $L$ が下限負荷 $L_{min}$ よりも低いかが判別される。 $L < L_{min}$ のときにはステップ102に進む。従ってこのときには $NOX > MAX$ であったとしても燃焼室5内の平均空燃比 $A/F$ はリーンに維持される。

20

## 【0044】

これに対して $L \geq L_{min}$ のときにはステップ119に進んでアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ および機関回転数 $N$ に基いて予めROM33内に記憶されている図15に示す関係から吸気行程噴射量 $Q_1$ および圧縮行程噴射量 $Q_2$ が計算され、次いでステップ120ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ および機関回転数 $N$ に基いて予めROM33内に記憶されている関係から噴射時期が算出され、次いでステップ121ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ および機関回転数 $N$ に基いて予めROM33内に記憶されている図15に示す関係からスロットル弁23の開度が算出される。

30

## 【0045】

次いでステップ122ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ および機関回転数 $N$ に基いて予めROM33内に記憶されている関係からEGR弁29の開度が算出され、次いでステップ123ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ に基いて予めROM33内に記憶されている図8に示す関係から吸気制御弁17の開度が算出される。このときには燃焼室5内における平均空燃比はリッチとされ、 $NO_x$ 吸収剤26から $NO_x$ が放出される。

## 【0046】

前述したようにアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ が $L_1$ よりも小さい機関低負荷運転時には圧縮行程末期にのみ燃料が噴射される。このときにはキャビティ3a内のみ混合気が形成され、キャビティ3a以外の領域は実質的に空気およびEGRガスで満たされるので成層度合が極めて高い強成層状態となる。

40

一方、アクセルペダル40の踏み込み量 $L$ が $L_1$ と $L_2$ の間である機関中負荷運転時には吸気行程噴射により燃焼室5内に全体に希薄混合気が形成され、圧縮行程噴射によってこの希薄混合気よりも濃い混合気がキャビティ3a内に形成される。従ってこのときには機関低負荷運転時における強成層状態よりも成層の度合が低い弱成層状態となる。

## 【0047】

また、アクセルペダル40の踏み込み量 $L$ が $L_2$ よりも大きい機関高負荷運転時には吸気行程噴射のみが行われ、従ってこのとき燃焼室5内には均一混合気が形成される。

ところでこれまで述べてきた実施例では機関低負荷運転時において、即ち強成層状態に

50

において $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべきときには失火が発生することなく、しかも出力トルクが変動しないように強成層状態を維持しつつ平均空燃比  $A/F$  をリーンからリッチに切換えるようにしている。

【0048】

これに対して次に述べる実施例では強成層状態において $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出しなければならなくなったときには強成層状態から弱成層状態又は均一混合気状態に切換え、弱成層状態又は均一混合気状態において吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  を理論空燃比又はリッチにして $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出させるようにしている。このように吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  を理論空燃比又はリッチにすると強成層時と比べてキャピティ 3a 内に形成される混合気の空燃比はさほど変化せず、斯くして失火が発生するのを阻止することができる。

10

【0049】

また、次に述べる実施例では $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべく平均空燃比  $A/F$  を理論空燃比又はリッチにしたときに全噴射燃料を燃焼室 5 内で燃焼せしめるようにしており、従って $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべく平均空燃比  $A/F$  が理論空燃比又はリッチにされたときに機関の出力トルクが増大することになる。この出力トルクの増大は燃焼室 5 内に供給される吸入空気量を低下させることによって抑制され、それでも出力トルクが増大する場合には例えば点火時期を遅角させることによって出力トルクが増大しないようにされる。

【0050】

20

次に図 19 および図 20 を参照しつつ燃料噴射を制御するための基本的なルーチンについてまず初めに説明する。

図 19 は $\text{NO}_x$  放出フラグを制御するための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 19 を参照するとまず初めにステップ 120 において $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が図 13 に示される許容値  $\text{MAX}$  を越えたか否かが判別される。

$\text{NO}_x > \text{MAX}$  になったときにはステップ 121 に進んで $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる。

【0051】

図 20 は噴射制御を行うためのルーチンを示しており、このルーチンは例えば一定時間毎の割込みによって実行される。

30

図 20 を参照するとまず初めにステップ 130 において $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされているか否かが判別される。 $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされていないときにはステップ 131 に進んでアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $\text{ROM}33$  内に記憶されている図 6 に示す関係から吸気行程噴射量  $Q_1$  および圧縮行程噴射量  $Q_2$  が算出される。次いでステップ 132 ではアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $\text{ROM}33$  内に記憶されている図 6 に示す関係から噴射時期が算出され、次いでステップ 133 ではアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $\text{ROM}33$  内に記憶されている図 7 に示す関係からスロットル弁 23 の開度が算出され、次いでステップ 134 ではアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $\text{ROM}33$  内に記憶されている関係から  $\text{EGR}$  弁 29 の開度が算出され、次いでステップ 135 ではアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  に基いて予め  $\text{ROM}33$  内に記憶されている図 8 に示す関係から吸気制御弁 17 の開度が算出される。

40

【0052】

次いでステップ 136 ではアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_0$  (図 7) よりも低いか否かが判別される。 $L < L_0$  のときにはステップ 137 に進んで図 14 (A) に示すマップから $\text{NO}_x$  放出量  $A$  が算出される。次いでステップ 138 では $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が零とされ、次いでステップ 141 に進む。一方、ステップ 136 において  $L \geq L_0$  であると判別されたときにはステップ 139 に進んで図 14 (B) に示すマップから $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出される。次いでステップ 140 では $\text{NO}_x$  吸収量  $A$  が零とされ、次いでステップ 141 に進む。ステップ 141 では $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収されていると推定される $\text{NO}_x$

50

量  $NO_X (= NO_X + A - D)$  が算出される。次いでステップ 142 では  $NO_X$  が負になったか否かが判別され、 $NO_X < 0$  になったときにはステップ 143 に進んで  $NO_X$  が零とされる。

【0053】

一方、ステップ 130 において  $NO_x$  放出フラグがセットされたと判断されたときにはステップ 144 に進んでアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_1$  よりも小さいか否かが判別される。 $L < L_1$  のときにはステップ 146 に進んで平均空燃比  $A/F$  をリッチにするリッチ処理 I が行われる。これに対して  $L \geq L_1$  のときにはステップ 145 に進んでアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  が  $L_2$  よりも小さいか否かが判別される。 $L < L_2$  のときにはステップ 147 に進んで平均空燃比  $A/F$  をリッチにするリッチ処理 II が行われ、 $L \geq L_2$  のときにはステップ 148 に進んで平均空燃比  $A/F$  をリッチにするリッチ処理 III が行われる。

10

【0054】

即ち、リッチ処理 I は機関低負荷運転時において、即ち強成層状態において  $NO_x$  吸収剤 26 から  $NO_x$  を放出させるためのリッチ処理を示しており、リッチ処理 II は機関中負荷運転時において、即ち弱成層状態において  $NO_x$  吸収剤 26 から  $NO_x$  を放出させるためのリッチ処理を示しており、リッチ処理 III は機関高負荷運転時において、即ち均一混合気状態において  $NO_x$  吸収剤 26 から  $NO_x$  を放出させるためのリッチ処理を示している。そこで次にこれらリッチ処理 I, II, III について順に説明する。

【0055】

20

図 21 はリッチ処理 I の一実施例のタイムチャートを示している。図 21 に示されるように  $NO_x$  放出フラグがセットされる前の機関低負荷運転状態、即ち強成層運転状態では吸気行程噴射は行われておらず、圧縮行程噴射のみが行われて燃焼室 5 内の平均空燃比  $A/F$  はリーンとなっている。またこのときスロットル弁 23 および EGR 弁 29 は開弁せしめられている。

【0056】

次いで  $NO_x$  吸収剤 26 から  $NO_x$  を放出すべく  $NO_x$  放出フラグがセットされると EGR 弁 29 が全閉せしめられ、このとき燃焼室 5 内の平均空燃比  $A/F$  が極度にリーンとならないようにスロットル弁 23 も機関の運転状態に定まる設定開度まで閉弁せしめられる。スロットル弁 23 が設定開度まで閉弁せしめられると機関の出力トルクが低下しないように圧縮行程噴射量が若干増大せしめられる。

30

【0057】

次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされてから  $t_1$  時間経過すると圧縮行程噴射が停止され、吸気行程噴射が開始される。即ち、強成層状態から均一混合気状態に切換えられる。このとき噴射量は変化せず、従って燃焼室 5 内の平均空燃比  $A/F$  も変化しない。なお、このときには燃料噴射量が少なく、このように少量の燃料を均一混合気状態で燃焼させる場合に多量の EGR ガスが供給されると失火する危険性が大となる。そこでこの実施例では図 21 に示されるように均一混合気燃焼に移行する前に EGR 弁 29 を全閉するようにしている。なお、この場合 EGR 弁 29 は必ずしも全閉する必要がなく、EGR 弁 29 の開度を或る程度減少させるだけで十分な場合もある。

40

【0058】

次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされた後  $t_2$  時間経過すると燃焼室 5 内の平均空燃比  $A/F$  をリッチにすべく吸気行程噴射量が増量せしめられ、スロットル弁 23 が機関の運転状態により定まる設定開度まで更に閉弁せしめられる。このときスロットル弁 23 を閉弁するのは燃焼室 5 内に供給される吸入空気量を減少させ、できるだけ少ない燃料でもって平均空燃比  $A/F$  をリッチにするためと、平均空燃比  $A/F$  をリッチにしたときにできるだけ機関の出力トルクが増大しないようにするためである。このとき機関の出力トルクの増大が大きくなってショックが発生する場合には平均空燃比  $A/F$  をリッチにすると同時に点火時期を遅らせる等の手段を講ずる必要がある。

【0059】

50

平均空燃比  $A/F$  がリッチにされると  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が開始される。次いで  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  の放出作用が完了すると今度は逆の順序を経て再び強成層状態に戻る。即ち、 $NO_x$  の放出作用が完了すると吸気行程噴射量が減量せしめられると共にスロットル弁 23 が開弁せしめられる。次いで  $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_1$  時間経過すると吸気行程噴射が停止されて圧縮行程噴射が開始され、 $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_2$  時間経過するとスロットル弁 23 および EGR 弁 29 が開弁せしめられると共に  $NO_x$  放出フラグがリセットされる。

#### 【0060】

図 22 は図 21 に示す  $NO_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I のルーチンを示している。図 22 を参照するとまず初めにステップ 150 において  $NO_x$  の放出が完了したことを示す放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。リッチ処理 I が開始された直後は放出完了フラグはセットされていないのでステップ 151 に進み、平均空燃比  $A/F$  をリッチにするまでの前処理が行われる。図 21 に示される実施例ではこの前処理は、 $NO_x$  放出フラグがセットされたときに、即ちリッチ処理 I が開始されたときにスロットル弁 23 および EGR 弁 29 を閉弁する処理と、リッチ処理 I が開始されてから  $t_1$  時間経過後に圧縮行程噴射から吸気行程噴射に切換える処理と、リッチ処理 I が開始されてから  $t_2$  時間経過後にスロットル弁 23 を閉弁する処理からなる。

#### 【0061】

次いでステップ 152 ではこの前処理が完了したか否かが判別される。前処理が完了するとステップ 153 に進んで平均空燃比  $A/F$  をリッチにするリッチ処理が行われる。この実施例では吸気行程噴射量を増量することによってリッチ処理が行われる。次いでステップ 154 では  $NO_x$  放出作用中における  $NO_x$  放出量  $D$  が算出される。この  $NO_x$  放出量  $D$  はアクセルペダル 40 の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  の関数として図 23 に示すようなマップの形で予め ROM 33 内に記憶されている。次いでステップ 155 では  $NO_x$  量  $NOX$  から  $NO_x$  放出量  $D$  が減算され、次いでステップ 156 では  $NO_x$  量  $NOX$  が下限値  $MIN$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $NOX < MIN$  になったときには  $NO_x$  の放出作用が完了したと判断してステップ 157 に進み、放出完了フラグがセットされる。次いでステップ 158 に進む。なお、一旦放出完了フラグがセットされるとその後はステップ 150 からステップ 158 にジャンプする。

#### 【0062】

ステップ 158 では  $NO_x$  の放出作用が完了してから強成層状態に戻されるまでの後処理が行われる。図 21 に示される実施例ではこの後処理は、 $NO_x$  の放出作用が完了したときに吸気行程噴射量を減少させ、スロットル弁 23 を開弁させる処理と、 $NO_x$  の放出作用が完了した後  $t_1$  時間経過後に吸気行程噴射から圧縮行程噴射に切換える処理と、 $NO_x$  放出作用が完了した後  $t_2$  時間経過後にスロットル弁 23 および EGR 弁 29 を開弁させる処理からなる。ステップ 159 ではこの後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ 160 に進んで  $NO_x$  放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

#### 【0063】

図 24 は強成層状態において行われるリッチ処理 I の別の実施例を示している。この実施例では  $NO_x$  放出フラグがセットされるとスロットル弁 23 が少し閉弁せしめられ、EGR 弁 29 が半分程度閉弁せしめられる。次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされてから  $t_1$  時間経過すると圧縮行程噴射量が減少せしめられ、吸気行程噴射が開始される。即ち、このときには吸気行程噴射と圧縮行程噴射との 2 回の噴射が行われ、従って弱成層状態となる。次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされてから  $t_2$  時間経過すると圧縮行程噴射が停止され、吸気行程噴射のみとなるので均一混合気状態となる。また、このときスロットル弁 23 は再び少し閉弁せしめられる。

#### 【0064】

次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされてから  $t_3$  時間経過すると EGR 弁 29 が全閉せしめられると共にスロットル弁 23 が更に少し閉弁せしめられる。更にこのとき吸気行程

10

20

30

40

50

噴射量が増量せしめられて平均空燃比  $A/F$  がリッチとされ、斯くして  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が開始される。

一方、 $NO_x$  の放出作用が完了すると逆の順序でもって強成層状態に戻る。即ち、 $NO_x$  の放出作用が完了すると吸気行程噴射量が減量され、スロットル弁 23 および EGR 弁 29 が開弁せしめられる。次いで  $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_1$  時間経過すると吸気行程噴射量が減量され、圧縮行程噴射が開始されて弱成層状態となる。このときスロットル弁 23 が更に開弁せしめられる。次いで  $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_2$  時間経過すると吸気行程噴射が停止されて強成層状態となり、次いで  $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_3$  時間経過するとスロットル弁 23 および EGR 弁 29 が更に開弁せしめられると共に  $NO_x$  放出フラグがリセットされる。

10

#### 【0065】

この実施例では  $NO_x$  の放出作用を開始するときには強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態とされ、 $NO_x$  の放出作用が完了したときには均一混合気状態から弱成層状態を経て強成層状態とされる。このように強成層状態と均一混合気状態との切換えの際に弱成層状態を介在させることによって燃焼の形態が徐々に変化し、それによって切換えの際に失火が生じるのを阻止することができる。

#### 【0066】

図 25 は図 24 に示す  $NO_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I のルーチンを示している。図 25 を参照するとまず初めにステップ 170 において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていないならばステップ 171 に進み、放出完了フラグがセットされていればステップ 178 にジャンプする。ステップ 171 では  $NO_x$  放出フラグがセットされてから平均空燃比  $A/F$  がリッチとされるまでの前処理が行われる。次いでステップ 172 では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ 173 に進んで吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。

20

#### 【0067】

次いでステップ 174 では図 23 から  $NO_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 175 では  $NO_x$  量  $NOX$  から  $NO_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 176 では  $NO_x$  量  $NOX$  が下限値  $MIN$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $NOX < MIN$  になるとステップ 177 に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ 178 では  $NO_x$  の放出完了から強成層状態に戻るまでの後処理が行われる。次いでステップ 179 では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ 180 に進んで  $NO_x$  放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

30

#### 【0068】

図 26 および図 27 はリッチ処理 I の更に別のルーチンを示している。前述したように失火を生ずることなく滑らかに強成層状態から均一混合気状態に移行するには間に弱成層状態を介在させることが好ましい。しかしながら燃料噴射量が少ないときに弱成層状態にすると燃焼室 5 内全体に広がった希薄混合気が極度にリーンとなり、これら希薄混合気を燃焼させることができないという危険性がある。そこでこの実施例では燃料噴射量が少ないときに強成層状態から均一混合気状態に移行させるときには弱成層状態を経ることなく強成層状態から均一混合気状態に直接移行させるようにしている。なお、図 26 において X で示される枠内の各ステップ 191, 192, 193 は前処理を示しており、Y で示される各ステップ 200, 201, 202 は後処理を示している。

40

#### 【0069】

即ち、図 26 および図 27 を参照するとまず初めにステップ 190 において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていないならば前処理 X のステップ 191 に進み、放出完了フラグがセットされていれば後処理 Y のステップ 200 にジャンプする。ステップ 191 では燃料噴射量  $Q$  が予め定められた設定値  $Q_0$  よりも大きいかが判別される。 $Q > Q_0$  のときにはステップ 192 に進んで図 24 に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態に移行する前処

50

理が行われる。これに対して $Q < Q_0$  のときにはステップ193に進んで図21に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経ることなく均一混合気状態に直接移行する前処理が行われる。

【0070】

次いでステップ194では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ195に進んで吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比 $A/F$ がリッチとされる。次いでステップ196では図23から $NO_x$  放出量 $D$  が算出され、次いでステップ197では $NO_x$  量  $NOX$  から $NO_x$  放出量 $D$  が減算される。次いでステップ198では $NO_x$  量  $NOX$  が下限値 $MIN$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $NOX < MIN$ になるとステップ199に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ200に進む。

10

【0071】

ステップ200では燃料噴射量 $Q$ が予め定められた設定値 $Q_0$ よりも大きいか否かが判別される。 $Q > Q_0$  のときにはステップ201に進んで図24に示される後処理、即ち均一混合気状態から弱成層状態を経て強成層状態に移行する後処理が行われる。これに対して $Q < Q_0$  のときにはステップ202に進んで図21に示される後処理、即ち均一混合気状態から弱成層状態を経ることなく強成層状態に直接移行する後処理が行われる。次いでステップ203では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ204に進んで $NO_x$  放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

【0072】

20

図28は強成層状態において行われるリッチ処理Iの更に別の実施例を示している。この実施例では $NO_x$  放出フラグがセットされるとスロットル弁23が少し閉弁せしめられ、 $EGR$ 弁29が全閉せしめられる。次いで $NO_x$  放出フラグがセットされてから $t_1$  時間経過すると圧縮行程噴射量が減少せしめられ、吸気行程噴射が開始される。即ち、このときには吸気行程噴射と圧縮行程噴射との2回の噴射が行われ、従って弱成層状態となる。このときスロットル弁23が少し閉弁せしめられる。次いで $NO_x$  放出フラグがセットされてから $t_2$  時間経過すると圧縮行程噴射が停止され、吸気行程噴射のみとなるので均一混合気状態となる。また、このときスロットル弁23は再び少し閉弁せしめられる。

【0073】

次いで $NO_x$  放出フラグがセットされてから $t_3$  時間経過するとスロットル弁23が更に少し閉弁せしめられると共に吸気行程噴射量が増量せしめられて平均空燃比 $A/F$ がリッチとされ、斯くして $NO_x$  吸収剤26からの $NO_x$  放出作用が開始される。

30

一方、 $NO_x$  の放出作用が完了すると吸気行程噴射量が減量される。次いで $NO_x$  の放出作用が完了してから $t_4$  時間経過すると吸気行程噴射が停止されて強成層状態となり、このときスロットル弁23が開弁せしめられる。次いで $NO_x$  の放出作用が完了してから $t_5$  時間経過するとスロットル弁23および $EGR$ 弁29が開弁せしめられると共に $NO_x$  放出フラグがリセットされる。

【0074】

この実施例では $NO_x$  の放出作用を開始するときには強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態とされ、 $NO_x$  の放出作用が完了したときには均一混合気状態から弱成層状態を経ることなく直接強成層状態とされる。なお、この実施例においても強成層状態から均一混合気状態に移行するときの前処理においては燃料噴射量に応じて弱成層状態を経るか否かが判別される。

40

【0075】

図29および図30は図28に示す $NO_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理Iのルーチンを示している。なお、 $X$ で示される枠内は前処理を表わしている。図29および図30を参照するとまず初めにステップ210において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていないならば前処理 $X$ のステップ211に進み、放出完了フラグがセットされていればステップ220にジャンプする。ステップ211では燃料噴射量 $Q$ が予め定められた設定値 $Q_0$ よりも大きいか否かが判別される

50

。  $Q > Q_0$  のときにはステップ 2 1 2 に進んで図 2 4 に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態に移行する前処理が行われる。これに対して  $Q < Q_0$  のときにはステップ 2 1 3 に進んで図 2 1 に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経ることなく均一混合気状態に直接移行する前処理が行われる。

【 0 0 7 6 】

次いでステップ 2 1 4 では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ 2 1 5 に進んで吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比  $A / F$  がリッチとされる。次いでステップ 2 1 6 では図 2 3 から  $NO_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 2 1 7 では  $NO_x$  量  $NOX$  から  $NO_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 2 1 8 では  $NO_x$  量  $NOX$  が下限値  $MIN$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $NOX < MIN$  になるとステップ 2 1 9 に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ 2 2 0 では  $NO_x$  の放出完了から強成層状態に戻るまでの後処理が行われる。次いでステップ 2 2 1 では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ 2 2 2 に進んで  $NO_x$  放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

10

【 0 0 7 7 】

図 3 1 および図 3 2 は強成層状態において行われるリッチ処理 I の更に別の実施例を示している。この実施例では  $NO_x$  吸収剤 2 6 から  $NO_x$  を放出すべきときには追加の燃料を膨張行程又は排気行程において燃焼室 5 内に噴射するようにしている。図 3 1 はこのように追加の燃料を膨張行程又は圧縮行程に供給するようにした場合を示しており、この場合追加の燃料は図 3 1 の区間 Z 内において燃料噴射弁 1 1 から供給される。膨張行程および排気行程においては燃焼室 5 内の既燃ガスの温度はかなり高く、従ってこの既燃ガス内に追加の燃料を噴射すると炭化水素が小さな分子に分解すると共に一部の炭化水素はラジカルとなり、斯くして燃料は活性化されて  $NO_x$  に対する強い反応性を有することになる。従って  $NO_x$  吸収剤 2 6 からは良好に  $NO_x$  が放出され、放出した  $NO_x$  は良好に還元されることになる。なお、  $NO_x$  に対する反応性を高めるには既燃ガスの温度が高いときに追加の燃料を噴射することが好ましく、従って追加の燃料噴射は図 3 1 に示されるように膨張行程において行うことが好ましい。

20

【 0 0 7 8 】

なお、この追加の燃料は燃焼せしめられたとしても出力の発生には寄与せず、従って追加の燃料を供給することによって機関の出力トルクが変動することはない。

30

図 3 2 に示されるようにこの実施例では  $NO_x$  放出フラグがセットされるとスロットル弁 2 3 が閉弁せしめられ、  $EGR$  弁 2 9 が全閉せしめられる。次いで  $NO_x$  放出フラグがセットされてから  $t_1$  時間経過すると圧縮行程噴射量はそのままに維持され、追加の燃料が膨張行程に噴射されて  $NO_x$  吸収剤 2 6 からの  $NO_x$  の放出作用が開始される。なお、このとき吸気行程噴射は行われぬ。

【 0 0 7 9 】

一方、  $NO_x$  の放出作用が完了すると逆の順序でもって強成層状態に戻る。即ち、  $NO_x$  の放出作用が完了すると膨張行程における追加の燃料噴射が停止され、次いで  $NO_x$  の放出作用が完了してから  $t_1$  時間経過するとスロットル弁 2 3 および  $EGR$  弁 2 9 が開弁せしめられると共に  $NO_x$  放出フラグがリセットされる。

40

【 0 0 8 0 】

図 3 3 は図 3 2 に示す  $NO_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I のルーチンを示している。図 3 3 を参照するとまず初めにステップ 2 3 0 において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていなければステップ 2 3 1 に進み、放出完了フラグがセットされていればステップ 2 3 8 にジャンプする。ステップ 2 3 1 では  $NO_x$  放出フラグがセットされてから追加の燃料が供給されるまでの前処理が行われる。次いでステップ 2 3 2 では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ 2 3 3 に進んで追加の燃料が供給される。

【 0 0 8 1 】

次いでステップ 2 3 4 では図 2 3 から  $NO_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 2

50

36では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が減算される。次いでステップ236では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ が下限値 $\text{MIN}$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_x < \text{MIN}$ になるとステップ237に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ238では $\text{NO}_x$ の放出完了から強成層状態に戻るまでの後処理が行われる。次いでステップ239では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ240に進んで $\text{NO}_x$ 放出フラグおよび放出完了がリセットされる。

#### 【0082】

図34はリッチ処理IIの一実施例のタイムチャートを示している。図21に示されるように $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされる前の機関中負荷運転時には吸気行程噴射と圧縮行程噴射の2回の噴射が行われる。即ち、このときは弱成層状態となっており、燃烧室5内の平均空燃比 $A/F$ はリーンとなっている。 $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされると弱成層状態のまま吸気行程噴射量が増量されることによって燃烧室5内の平均空燃比 $A/F$ がリッチとされ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤26からの $\text{NO}_x$ の放出作用が行われる。 $\text{NO}_x$ の放出作用が完了すると吸気行程噴射量が減量される。

10

#### 【0083】

図35は図34に示す $\text{NO}_x$ 放出制御を実行するためのリッチ処理IIのルーチンを示している。図35を参照するとまず初めにステップ250において吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比 $A/F$ がリッチとされる。次いでステップ251では図23から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が算出され、次いでステップ252では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が減算される。次いでステップ253では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ が下限値 $\text{MIN}$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_x < \text{MIN}$ になるとステップ254に進んで吸気行程噴射量が減量され、平均空燃比 $A/F$ がリッチからリーンとなる。次いでステップ255において $\text{NO}_x$ 放出フラグがリセットされる。

20

#### 【0084】

図36は弱成層状態において行われるリッチ処理IIの別の実施例を示している。この実施例では $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされると圧縮行程噴射が停止され、吸気行程噴射量が増量される。即ち、 $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされると弱成層状態から均一混合気状態に切換えられて燃烧室5内の平均空燃比 $A/F$ がリッチとされ、 $\text{NO}_x$ 吸収剤26からの $\text{NO}_x$ の放出作用が開始される。 $\text{NO}_x$ の放出作用が完了すると均一混合気状態から弱成層状態に戻される。

30

#### 【0085】

図37は図36に示す $\text{NO}_x$ 放出制御を実行するためのリッチ処理IIのルーチンを示している。図37を参照するとまず初めにステップ260において吸気行程噴射量を増量することにより平均空燃比 $A/F$ がリッチとされる。次いでステップ261では図23から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が算出され、次いでステップ262では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が減算される。次いでステップ263では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ が下限値 $\text{MIN}$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_x < \text{MIN}$ になるとステップ264に進んで吸気行程噴射量が減量され、平均空燃比 $A/F$ がリッチからリーンとなる。次いでステップ265において $\text{NO}_x$ 放出フラグがリセットされる。

#### 【0086】

図38は弱成層状態において行われるリッチ処理IIの更に別の実施例を示している。この実施例では $\text{NO}_x$ 吸収剤26から $\text{NO}_x$ を放出すべきときに燃料噴射量 $Q$ に応じて弱成層状態でリッチ化するのが、或いは均一混合気状態でリッチ化するのが選択される。なお、図38に示すルーチンにおいて $Z$ により示される枠内はリッチ処理を示している。

40

#### 【0087】

図38を参照するとまず初めにステップ270において燃料噴射量 $Q$ が予め定められた設定値 $Q_i$ よりも大きいか否かが判別される。 $Q > Q_i$ のときにはステップ271に進んで均一混合気状態によるリッチ化が行われる。即ち、 $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされると図36に示されるように圧縮行程噴射が停止され、吸気行程噴射量が増量される。これに対して $Q < Q_i$ のときにはステップ272に進んで弱成層状態においてリッチ化が行われ

50

る。即ち、 $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると図 3 4 に示されるように圧縮行程噴射をいくつか吸気行程噴射量が增量される。

【 0 0 8 8 】

次いでステップ 2 7 3 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 2 7 4 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 2 7 5 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 2 7 6 に進んで吸気行程噴射量が減量され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 2 7 7 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

【 0 0 8 9 】

図 3 9 はリッチ処理 III の一実施例のタイムチャートを示している。図 3 9 に示されるように  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる前の機関高負荷運転時には吸気行程噴射のみが行われていて均一混合気燃焼が行われており、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると吸気行程噴射量が增量されて平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。

【 0 0 9 0 】

図 4 0 は図 3 9 に示す  $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 III のルーチンを示している。図 4 0 を参照するとまず初めにステップ 2 8 0 において吸気行程噴射量を增量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 2 8 1 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 2 8 2 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 2 8 3 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 2 8 4 に進んで吸気行程噴射量が減量され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 2 8 5 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

【 0 0 9 1 】

図 4 1 から図 4 8 に更に別の実施例を示す。この実施例では図 4 1 に示されるように吸気制御弁 1 7 下流の第 2 吸気ポート 7 b 内に向けて燃料の噴射するための燃料噴射弁 5 0、いわゆるポート噴射弁 5 0 が設けられ、吸気行程中に燃焼室 5 内に供給されるべき燃料がポート噴射弁 5 0 から供給される。即ち、この実施例では通常運転時には図 4 2 に示されるように  $L > L_1$  である機関低負荷運転時であれば圧縮行程噴射  $Q_2$  のみが行われ、  $L_1 < L < L_2$  である機関中負荷運転時であれば圧縮行程噴射  $Q_2$  に加えてポート噴射弁 5 0 からのポート噴射  $Q_1$  が行われ、  $L > L_2$  である機関高負荷運転時であればポート噴射  $Q_1$  のみが行われる。

【 0 0 9 2 】

従ってこの実施例においてもこれまで述べた実施例と同様に機関低負荷運転時には強成層状態となり、機関中負荷運転時には弱成層状態となり、機関高負荷運転時には均一混合気状態になる。なお、この実施例においても燃料噴射制御については図 2 0 に示される噴射制御ルーチンが用いられ、以下図 2 0 に示されるリッチ処理 I、リッチ処理 II およびリッチ処理 III について順に説明する。

【 0 0 9 3 】

図 4 3 は強成層状態において行われるリッチ処理 I を示している。図 4 3 に示されるように機関低負荷運転時において  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされていないときには圧縮行程噴射のみが行われている。次いで  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると圧縮行程噴射が停止され、燃料噴射弁 1 1 から燃焼室 5 内に吸気行程噴射が行われる。また、このときにはポート噴射弁 5 0 からのポート噴射は行われない。従ってこのときには燃料噴射弁 1 1 からの吸気行程噴射によって燃焼室 5 内には平均空燃比  $A/F$  がリッチである均一混合気形成され、それによって  $\text{NO}_x$  吸収剤 2 6 からの  $\text{NO}_x$  の放出作用が行われる。

【 0 0 9 4 】

機関低負荷運転時にはポート噴射が行われておらず、このとき  $\text{NO}_x$  の放出作用を行うべくポート噴射を開始すると噴射開始直後に噴射燃料が第 2 吸気ポート 7 b の内壁面上に付着するためにただちに平均空燃比  $A/F$  がリッチにならない。即ち、  $\text{NO}_x$  の放出作用

10

20

30

40

50

に応答遅れを生ずることになる。従ってポート噴射が行われていないときに $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべきときには燃料噴射弁 11 からの噴射燃料を増量することによって平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしている。これに対してポート噴射が行われているときにはポート噴射量を増量しても応答遅れを生ずることがないのでポート噴射が行われているときに $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出させるときにはポート噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしている。

【0095】

図44は図43に示す $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理Iのルーチンを示している。図44を参照するとまず初めにステップ290において吸気行程噴射を開始することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ291では図23から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ292では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ293では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_X < \text{MIN}$  になるとステップ294に進んで吸気行程噴射が停止され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ295において $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

10

【0096】

図45は弱成層状態において行われるリッチ処理IIを示している。図45に示されるように機関中負荷運転時において $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる前は圧縮行程噴射に加えてポート噴射が行われている。 $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると圧縮行程噴射は引き続き行われ、ポート噴射量が増量せしめられることにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされて $\text{NO}_x$  吸収剤 26 からの $\text{NO}_x$  の放出作用が行われる。

20

【0097】

図46は図45に示す $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理IIのルーチンを示している。図46を参照するとまず初めにステップ300においてポート噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ301では図23から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ302では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ303では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_X < \text{MIN}$  になるとステップ304に進んでポート噴射量が減量され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ305において $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

30

【0098】

図47は均一混合気状態において行われるリッチ処理IIIを示している。図47に示されるように機関高負荷運転時において $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる前はポート噴射のみが行われており、従ってこのとき均一混合気燃料が行われている。 $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされるとポート噴射量が増量されて平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。

【0099】

図48は図47に示す $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理IIIのルーチンを示している。図48を参照するとまず初めにステップ310においてポート噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ311では図23から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ312では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ313では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_X < \text{MIN}$  になるとステップ314に進んでポート噴射量が減量され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ315において $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

40

【0100】

図49から図56はポート噴射を行うようにした場合の更に別の実施例を示している。図49に示されるようにこの実施例においても機関低負荷時の通常運転時には圧縮行程噴射  $Q_2$  のみが行われる。一方、この実施例では機関中負荷運転時に  $L_1 < L < L_m$  であれば燃料噴射弁 11 による吸気行程噴射  $Q_1$  と圧縮行程噴射  $Q_2$  とが行われ、 $L_m < L < L_2$  であれば燃料噴射弁 11 による噴射  $Q_1$  ,  $Q_2$  に加えてポート噴射弁 50 からのポート

50

噴射も行われる。また、機関高負荷運転時に燃料噴射弁 1 1 とポート噴射弁 5 0 の双方から燃料が噴射される。

#### 【 0 1 0 1 】

図 5 0 は機関低負荷運転時に行われるリッチ処理 I を示している。図 5 0 に示されるように  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると強成層状態がそのまま続行され、追加の燃料が膨張行程中に噴射されることによって  $\text{NO}_x$  吸収剤 2 6 から  $\text{NO}_x$  が放出される。

図 5 1 は図 5 0 に示す  $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I のルーチンを示している。図 5 1 を参照するとまず初めにステップ 3 2 0 において追加の燃料を膨張行程時に噴射することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 3 2 1 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 3 2 2 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 3 2 3 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 3 2 4 に進んで追加の燃料噴射が停止され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 3 2 5 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

10

#### 【 0 1 0 2 】

図 5 2 は図 4 9 において  $L_1 < L < L_m$  である機関中負荷運転時を示している。この場合、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされていないときには燃料噴射弁 1 1 からの燃料噴射によって弱成層状態とされており、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると追加の燃料を膨張行程に噴射することによって  $\text{NO}_x$  吸収剤 2 6 から  $\text{NO}_x$  が放出される。一方、図 5 3 は図 4 9 において  $L_m < L < L_2$  である機関中負荷運転時を示している。この場合、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされていないときには燃料噴射弁 1 1 およびポート噴射弁 5 0 からの噴射燃料によって弱成層状態とされており、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされるとポート噴射量が増量せしめられる。

20

#### 【 0 1 0 3 】

図 5 4 は図 5 2 および図 5 3 に示す  $\text{NO}_x$  放出制御を選択的に実行するためのリッチ処理 II のルーチンを示している。なお、図 5 4 において Z で示される枠内はリッチ処理を示している。図 5 4 を参照するとまず初めにステップ 3 3 0 においてアクセルペダル 4 0 の踏み込み量  $L$  が設定値  $L_m$  (図 4 9) よりも大きいか否かが判別される。  $L > L_m$  のときにはステップ 3 3 1 に進んで図 5 3 に示されるようにポート噴射量を増量することによってリッチ化が行われる。これに対して  $L < L_m$  のときにはステップ 3 3 2 に進んで図 5 2 に示されるように追加の燃料を膨張行程時に噴射することによってリッチ化が行われる。

30

#### 【 0 1 0 4 】

次いでステップ 3 3 3 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 3 3 4 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 3 3 5 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 3 3 6 に進んで空燃比のリッチ化が停止され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 3 3 7 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

#### 【 0 1 0 5 】

図 5 5 は機関高負荷運転時におけるリッチ処理 III を示している。図 5 5 に示されるように  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる前には燃料噴射弁 1 1 およびポート噴射弁 5 0 の双方から燃料が噴射されて均一混合気が燃焼せしめられており、  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされるとポート噴射量を増量することによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。

40

#### 【 0 1 0 6 】

図 5 6 は図 5 5 に示す  $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 III のルーチンを示している。図 5 6 を参照するとまず初めにステップ 3 4 0 においてポート噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 3 4 1 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 3 4 2 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 3 4 3 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 3 4 4 に進んで

50

ポート噴射量が減量され、平均空燃比 A / F がリッチからリーンとなる。次いでステップ 345 において NO<sub>x</sub> 放出フラグがリセットされる。

【0107】

図57から図63に別の実施例を示す。この実施例においては機関本体1に自動変速機60が取付けられており、この自動変速機60には車速を検出するための車速センサ61と、自動変速機60がニュートラル位置にあることを検出するニュートラル位置センサ62が取付けられる。図58は自動変速機60のトルクコンバータ63を示しており、このトルクコンバータ63内にロックアップ機構64が設けられている。即ち、トルクコンバータ63は機関クランクシャフトに連結されてクランクシャフトと共に回転するポンプカバー65と、ポンプカバー65により支承されたポンプインペラ66と、自動変速機60の入力軸67に取付けられたタービンランナ68と、ステータ69とを具備し、クランクシャフトの回転運動がポンプカバー65、ポンプインペラ66およびタービンランナ68を介して入力軸67に伝達される。

10

【0108】

一方、ロックアップ機構64は入力軸67に対してその軸線方向に移動可能に取付けられかつ入力軸67と共に回転するロックアップクラッチ板69を具備する。通常は、即ちロックアップオフ時には入力軸67内のオイル通路を介してロックアップクラッチ板69とポンプカバー65間の部屋70内に加圧オイルが供給され、次いでこの部屋70から流出した加圧オイルはポンプインペラ66およびタービンランナ68の周りの部屋71内に送り込まれた後、入力軸67内のオイル通路を介して排出される。このときロックアップクラッチ板69両側の部屋70、71間の圧力差はほとんど生じないためにロックアップクラッチ64は図58(B)に示されるようにポンプカバー65から離れており、従ってこのときにはクランクシャフトの回転力はポンプカバー65、ポンプインペラ66およびタービンランナ68を介して入力軸67に伝達される。

20

【0109】

一方、ロックアップをオンすべきときには入力軸67内のオイル通路を介して部屋71内に加圧オイルが供給され、部屋70内のオイルは入力軸67内のオイル通路を介して排出される。このとき部屋71内の圧力が部屋70内の圧力よりも高くなり、斯くして図58(A)に示されるようにロックアップクラッチ69がポンプカバー65上に圧接されてクランクシャフトと入力軸67とが同速度で回転する直結状態となる。部屋70、71内へのオイル供給制御、即ちロックアップ機構64のオン・オフ制御は自動変速機60内に設けられた制御弁によって制御され、この制御弁は電子制御ユニット30の出力信号に基づいて制御される。

30

【0110】

この実施例においても燃料噴射制御は図20に示すルーチンにより行われ、従って機関低負荷運転時には強成層状態とされる。ところで機関の出力トルクが変動した場合、機関負荷が低いときほど出力トルクの変動率としては大きく表われ、従って機関の出力トルクが変動した場合には機関低負荷運転時において特にショックを発生しやすくなる。従って NO<sub>x</sub> 吸収剤26から NO<sub>x</sub> を放出すべく平均空燃比 A / F をリッチにしたときに機関の出力トルクが変動したとするとこの機関出力トルクの変動は機関低負荷運転時に最もショックとなって表われやすいことになる。

40

【0111】

ところで図58(A)に示されるようにロックアップクラッチ69がオンとなって直結状態にあるときに機関出力トルクが変動するとこの変動が直接自動変速機60に伝達されるために大きなショックが発生する。これに対して図58(B)に示されるようにロックアップクラッチ69がオフになっているときに機関出力トルクが変動するとこのときには機関出力トルクの変動がコンバータ63において吸収されるためにほとんどショックが発生しなくなる。従ってショックの発生という面からみるとロックアップクラッチ69がオフのときには機関出力トルクが変動してもかまわないがロックアップクラッチ69がオンのときには機関の出力トルクが変動しないようにすることが好ましい。

50

## 【 0 1 1 2 】

そこでこの実施例では機関低負荷運転時に $\text{NO}_x$ 吸収剤26から $\text{NO}_x$ を放出すべく平均空燃比 $A/F$ をリッチにする場合、ロックアップクラッチ69がオフとなっていれば図59に示されるように強成層状態から均一混合気状態に移行させて平均空燃比 $A/F$ をリッチにし、ロックアップクラッチ69がオンとなっていれば図60に示されるように追加の燃料を膨張行程時に噴射することによって平均空燃比 $A/F$ をリッチにするようにしている。なお、図59に示される制御方法は既に説明した図24に示される制御方法と同じであり、図60に示される制御方法は既に説明した図32に示される制御方法と同じであるので図59および図60に示される制御方法については説明を省略する。

## 【 0 1 1 3 】

図61は $\text{NO}_x$ 放出フラグの制御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61を参照するとまず初めにステップ350において $\text{NO}_x$ 吸収剤26に吸収されていると推定される $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ が許容値 $\text{MAX}$ よりも大きくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_x > \text{MAX}$ のときにはステップ351に進んで $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされる。次いでステップ352ではアクセルペダル40の踏み込み量 $L$ が $L_1$ よりも小さいか否か、即ち機関低負荷運転時か否かが判別される。 $L < L_1$ のときにはステップ353に進んでロックアップクラッチ69がオンであるか否かが判別される。ロックアップクラッチ69がオンのときにはステップ354に進んでフラグ $X$ がセットされ、ロックアップクラッチ69がオフのときにはステップ355に進んでフラグ $X$ がリセットされる。

## 【 0 1 1 4 】

図62および図63はリッチ処理Iを示している。なお、図62および図63において $X$ で示される枠内は前処理を表わしており、 $Y$ で示される枠内は後処理を示している。

図62および図63を参照するとまず初めにステップ360において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていない場合は前処理 $X$ のステップ361に進み、放出完了フラグがセットされていれば後処理 $Y$ のステップ370にジャンプする。ステップ361ではフラグ $X$ がセットされているか否かが判別される。フラグ $X$ がセットされているときにはステップ362に進んで図60に示される前処理、即ち膨張行程噴射に移行する前処理が行われる。これに対してフラグ $X$ がセットされていないときにはステップ363に進んで図59に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態に移行する前処理が行われる。

## 【 0 1 1 5 】

次いでステップ364では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ365に進んで膨張行程噴射を行うことにより、或いは吸気行程噴射を行うことにより平均空燃比 $A/F$ がリッチとされる。次いでステップ366では図23から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が算出され、次いでステップ367では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ から $\text{NO}_x$ 放出量 $D$ が減算される。次いでステップ368では $\text{NO}_x$ 量  $\text{NO}_x$ が下限値 $\text{MIN}$ よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_x < \text{MIN}$ になるとステップ369に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ370に進む。

## 【 0 1 1 6 】

ステップ370ではフラグ $X$ がセットされているか否かが判別される。フラグ $X$ がセットされているときにはステップ371に進んで図60に示される後処理、即ち膨張行程噴射完了後、強成層状態に移行する後処理が行われる。これに対してフラグ $X$ がセットされていないときにはステップ372に進んで図59に示される後処理、即ち均一混合気状態から弱成層状態を経て強成層状態に移行する後処理が行われる。次いでステップ373では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ374に進んで $\text{NO}_x$ 放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

## 【 0 1 1 7 】

図64から図66に更に別の実施例を示す。この実施例においても燃料噴射制御は図20に示すルーチンにより行われ、従って機関低負荷運転時には強成層状態とされる。とこ

10

20

30

40

50

るで前述したように機関の出力トルクが変動した場合、機関負荷が低いときほど出力トルクの変動率としては大きく表われる。従って $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべく平均空燃比  $A/F$  をリッチにしたときに機関の出力トルクが変動したとするとこの機関出力トルクの変動は機関アイドル運転時に最もショックとなって表われやすいことになる。

#### 【0118】

ところで機関アイドル運転時にショックが発生すると云っても自動変速機 60 (図 57) がニュートラル位置にあるときにはほとんどショックが発生しない。そこでこの実施例では機関アイドル運転時に $\text{NO}_x$  吸収剤 26 から $\text{NO}_x$  を放出すべく平均空燃比  $A/F$  をリッチにする場合、始動変速機 60 がニュートラル位置にあれば図 59 に示されるように強成層状態から均一混合気状態に移行させて平均空燃比  $A/F$  をリッチにし、自動変速機 60 がニュートラル位置になれば図 60 に示されるように追加の燃料を膨張行程時に噴射することによって平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしている。

10

#### 【0119】

図 64 は $\text{NO}_x$  放出フラグの制御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 64 を参照するとまず初めにステップ 380 において $\text{NO}_x$  吸収剤 26 に吸収されていると推定される $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  が許容値  $\text{MAX}$  よりも大きくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_X > \text{MAX}$  のときにはステップ 381 に進んで $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる。次いでステップ 382 ではアクセルペダル 40 の踏み込み量  $L$  が  $L_1$  よりも小さいか否か、即ち機関低負荷運転時か否かが判別される。 $L < L_1$  のときにはステップ 383 に進んで機関アイドル運転時であるか否かが判別される。機関アイドル運転時でないときにはステップ 586 に進んでフラグ X がリセットされる。これに対して機関アイドル運転時にはステップ 384 に進む。

20

#### 【0120】

ステップ 384 ではニュートラル位置センサ 62 (図 57) の出力信号に基いて自動変速機 60 がニュートラル位置にあるか否かが判別される。自動変速機 60 がニュートラル位置にないときにはステップ 385 に進んでフラグ X がセットされ、ニュートラル位置にあるときにはステップ 386 に進んでフラグ X がリセットされる。

#### 【0121】

図 65 および図 66 はリッチ処理 I を示している。なお、図 65 および図 66 に示されるルーチンは図 62 および図 63 に示されるルーチンと同じである。

30

即ち、図 65 および図 66 を参照するとまず初めにステップ 390 において放出完了フラグがセットされているか否かが判別される。放出完了フラグがセットされていない場合は前処理 X のステップ 391 に進み、放出完了フラグがセットされていれば後処理 Y のステップ 400 にジャンプする。ステップ 391 ではフラグ X がセットされているか否かが判別される。フラグ X がセットされているときにはステップ 392 に進んで図 60 に示される前処理、即ち膨張行程噴射に移行する前処理が行われる。これに対してフラグ X がセットされていないときにはステップ 393 に進んで図 59 に示される前処理、即ち強成層状態から弱成層状態を経て均一混合気状態に移行する前処理が行われる。

40

#### 【0122】

次いでステップ 394 では前処理が完了したか否かが判別され、前処理が完了したときにはステップ 395 に進んで膨張行程噴射を行うことにより、或いは吸気行程噴射を行うことにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 396 では図 23 から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 397 では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  から $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 398 では $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_X$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NO}_X < \text{MIN}$  になるとステップ 399 に進んで放出完了フラグがセットされ、次いでステップ 400 に進む。

#### 【0123】

ステップ 400 ではフラグ X がセットされているか否かが判別される。フラグ X がセッ

50

トされているときにはステップ401に進んで図60に示される後処理、即ち膨張行程噴射完了後、強成層状態に移行する後処理が行われる。これに対してフラグXがセットされていないときにはステップ402に進んで図59に示される後処理、即ち均一混合気状態から弱成層状態を経て強成層状態に移行する後処理が行われる。次いでステップ403では後処理が完了したか否かが判別され、後処理が完了したときにはステップ404に進んでNO<sub>x</sub>放出フラグおよび放出完了フラグがリセットされる。

#### 【0124】

図67は図13と同様なNO<sub>x</sub>放出制御のタイムチャートを示している。図67においてY<sub>1</sub>で示されるようにこれまで述べた実施例ではNO<sub>x</sub> > MAXになったときにNO<sub>x</sub>吸収剤26からNO<sub>x</sub>を放出すべく平均空燃比A/Fをリッチにしている。この場合、どのような機関運転状態のときにNO<sub>x</sub> > MAXになるかはわからず、従ってどのような機関運転状態のときに平均空燃比A/Fがリッチにされるかはわからない。

10

#### 【0125】

ところで機関高負荷運転時には燃料噴射量が多く、従ってこのとき平均空燃比A/Fをリッチにするためには増量すべき燃料を多量に必要とする。これに対して機関低負荷運転時には燃料噴射量が少ないので少量の燃料を増量するだけで平均空燃比A/Fをリッチにする。従ってNO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出のために必要とされる増量すべき燃料量は機関負荷が低いときほど少量となり、斯くして燃料消費量を向上させるためには機関低負荷運転時にNO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出作用が行われることが好ましいことになる。

20

#### 【0126】

そこでこれから述べる実施例では図67に示されるようにNO<sub>x</sub>量NO<sub>x</sub>に対して許容値MAXと下限値MINとの中間値である中間判定値MIDを設定し、NO<sub>x</sub>量NO<sub>x</sub>が許容値MAXには達していないが中間判定値MIDを越えている場合において機関低負荷運転が行われたときには図67においてY<sub>2</sub>で示されるようにNO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出作用を行わせるようにしている。このようにすると機関低負荷運転時においてNO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出作用が行われる機会が増大し、斯くして燃料消費量を低減することができることになる。

#### 【0127】

図68は中間判定値MIDを用いた場合の実施例を示している。なお、この実施例において燃料噴射の制御のためには図20に示されるルーチンが用いられる。

30

図68を参照するとまず初めにステップ410においてNO<sub>x</sub>量NO<sub>x</sub>が許容値MAXを越えたか否かが判別される。NO<sub>x</sub> > MAXになるとステップ413に進んでNO<sub>x</sub>放出フラグがセットされる。従ってこのときには図20に示すルーチンによって平均空燃比A/Fがリッチとされ、NO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出作用が行われる。一方、ステップ410においてNO<sub>x</sub> > MAXであると判別されたときにはステップ411に進んでNO<sub>x</sub>量NO<sub>x</sub>が中間判定値MIDよりも大きいか否かが判別される。このときNO<sub>x</sub> > MIDであったとするとステップ412に進む。

#### 【0128】

ステップ412では車速センサ61(図57)の出力信号に基づいて車両が停止中であるか否かが判別される。このとき車両が停止中であればステップ413に進んでNO<sub>x</sub>放出フラグがセットされ、斯くして図20に示すルーチンによって平均空燃比A/Fがリッチとされる。車両が停止しているときには通常アイドル運転が行われており、このときNO<sub>x</sub>吸収剤26からのNO<sub>x</sub>放出作用が行われるので燃料消費量を低減することができることになる。

40

#### 【0129】

図69は中間判定値MIDを用いた別の実施例を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御のためには図20に示されるルーチンが用いられる。

図69を参照するとまず初めにステップ420においてNO<sub>x</sub>量NO<sub>x</sub>が許容値MAXを越えたか否かが判別される。NO<sub>x</sub> > MAXになるとステップ424に進んでNO

50

$x$  放出フラグがセットされる。従ってこのときには図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされ、 $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われる。一方、ステップ 420 において  $NOX$  MAX であると判別されたときにはステップ 421 に進んで  $NO_x$  量  $NOX$  が中間判定値 MID よりも大きいかが判別される。このとき  $NOX > MID$  であったとするとステップ 422 に進む。

#### 【0130】

ステップ 422 では車速センサ 61 (図 57) の出力信号に基いて車両が停止中であるか否かが判別される。このとき車両が停止中であればステップ 423 に進んでニュートラル位置センサ 62 (図 57) の出力信号に基いて自動変速機 60 がニュートラル位置にあるか否かが判別される。このとき自動変速機 60 がニュートラル位置にあればステップ 423 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされ、斯くして図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。車両が停止しているときには通常アイドリング運転が行われており、このとき  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われるので燃料消費量を低減することができる。また、この実施例では自動変速機 60 がニュートラル位置にあるときに平均空燃比  $A/F$  がリッチにされるのでショックが発生するのを阻止することができる。

10

#### 【0131】

図 70 は中間判定値 MID を用いた更に別の実施例を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御のためには図 20 に示されるルーチンが用いられる。

図 70 を参照するとまず初めにステップ 430 において  $NO_x$  量  $NOX$  が許容値 MAX を越えたか否かが判別される。  $NOX > MAX$  になるとステップ 434 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされる。従ってこのときには図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされ、 $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われる。一方、ステップ 430 において  $NOX$  MAX であると判別されたときにはステップ 431 に進んで  $NO_x$  量  $NOX$  が中間判定値 MID よりも大きいかが判別される。このとき  $NOX > MID$  であったとするとステップ 432 に進む。

20

#### 【0132】

ステップ 432 では負荷センサ 41 の出力信号および機関回転数から減速運転中であるか否かが判別される。このとき減速運転中であればステップ 433 に進んでロックアップクラッチ 69 (図 58) がオフであるか否かが判別される。ロックアップクラッチ 69 がオフのときにはステップ 434 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされ、斯くして図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。車両減速時には燃料噴射量が少なく、このとき  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われるので燃料消費量を低減することができる。また、この実施例ではロックアップクラッチ 69 がオフのときに平均空燃比  $A/F$  がリッチにされるのでショックが発生するのを阻止することができる。

30

#### 【0133】

図 71 は中間判定値 MID を用いた更に別の実施例を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御のためには図 20 に示されるルーチンが用いられる。

図 71 を参照するとまず初めにステップ 440 において  $NO_x$  量  $NOX$  が許容値 MAX を越えたか否かが判別される。  $NOX > MAX$  になるとステップ 445 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされる。従ってこのときには図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされ、 $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われる。一方、ステップ 440 において  $NOX$  MAX であると判別されたときにはステップ 441 に進んで  $NO_x$  量  $NOX$  が中間判定値 MID よりも大きいかが判別される。このとき  $NOX > MID$  であったとするとステップ 442 に進む。

40

#### 【0134】

ステップ 442 では負荷センサ 41 の出力信号および機関回転数から減速運転中であるか否かが判別される。このとき減速運転中であればステップ 443 に進んでロックアップクラッチ 69 (図 58) がオフであるか否かが判別される。ロックアップクラッチ 69 がオフのときにはステップ 444 に進んで機関回転数 NE が予め定められた設定回転数 NE

50

よりも低いかが否かが判別される。このとき  $NE < NE_0$  であればステップ 445 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされ、斯くして図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。車両減速時には燃料噴射量が少なく、しかも  $NE < NE_0$  のときには燃料噴射量が更に少なくなる。このようにこの実施例では燃料噴射量が極めて少ないときに  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われるので燃料消費量を低減することができる。また、この実施例ではロックアップクラッチ 69 がオフのときに平均空燃比  $A/F$  がリッチにされるのでショックが発生するのを阻止することができる。

#### 【0135】

図 72 は中間判定値 MID を用いた更に別の実施例を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御のためには図 20 に示されるルーチンが用いられる。

10

図 72 を参照するとまず初めにステップ 450 において  $NO_x$  量  $NOX$  が許容値 MAX を越えたか否かが判別される。  $NOX > MAX$  になるとステップ 453 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされる。従ってこのときには図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされ、  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われる。一方、ステップ 450 において  $NOX < MAX$  であると判別されたときにはステップ 451 に進んで  $NO_x$  量  $NOX$  が中間判定値 MID よりも大きいかが判別される。このとき  $NOX > MID$  であったとするとステップ 452 に進む。

#### 【0136】

ステップ 452 では負荷センサ 41 の出力信号および機関回転数から減速運転中であって燃料噴射が停止されておりかつエンブレキ作用が行われるようにロックアップクラッチ 69 がオンになっているかが判別される。減速運転中であって燃料噴射が停止されておりかつロックアップクラッチ 69 がオンのときにはステップ 453 に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされ、斯くして図 20 に示すルーチンによって平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。車両減速時には吸入空気量が少なく、従ってこのときには少量の燃料を噴射するだけで平均空燃比  $A/F$  をリッチにすることができる。このようにこの実施例では少量の燃料を噴射するだけで  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  放出作用が行われるので燃料消費量を低減することができることになる。

20

#### 【0137】

図 73 から図 77 に中間判定値 MID を用いた更に別の実施例を示す。この実施例では  $NOX > MID$  になると MID フラグがセットされ、図 73 に示されるように MID フラグがセットされているときに機関の運転状態が弱成層状態の中負荷運転から強成層状態とすべき低負荷運転に変化したときには暫らくの間、弱成層状態を継続させ、この間に吸気行程噴射量を増量させて平均空燃比  $A/F$  がリッチにされる。次いで  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  の放出作用が完了した後に平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンに切換えられると共に弱成層状態から強成層状態に移行せしめられる。

30

#### 【0138】

即ち、この実施例では MID フラグがセットされているときに弱成層状態とすべき運転状態から強成層状態とすべき運転状態に変化したときには弱成層状態から強成層状態への移行を遅らせ、この間に  $NO_x$  吸収剤 26 からの  $NO_x$  の放出作用を行わせるようにしている。このようにこの実施例においても機関負荷が低下したときに平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしているので燃料消費量を低減することができる。また、機関負荷が低負荷になって弱成層状態から強成層状態に移行した後に平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにした場合には強成層状態から再び弱成層状態に戻された後に平均空燃比  $A/F$  がリッチにされる。従って成層状態が頻繁に変化せしめられるために燃焼が不安定となり、トルク変動が生じる危険性がある。そこでこの実施例では機関負荷が低下したときには成層状態を変化させずに  $NO_x$  の放出作用を行い、この  $NO_x$  の放出作用が完了した後に成層状態を変化させるようにしている。

40

#### 【0139】

一方、この実施例では図 74 に示されるように機関低負荷運転時に MID フラグがセットされてもこのときには平均空燃比  $A/F$  のリッチ化を行わず、MID フラグがセットさ

50

れた後に機関負荷が低負荷運転から中負荷運転に移行したときにただちに弱成層状態において平均空燃比  $A/F$  をリッチにするようにしている。この場合にも成層状態が頻繁に切換えられるのが阻止され、また比較的機関負荷の低いときに  $NO_x$  の放出作用が行われる。

#### 【0140】

図75はフラグを制御するための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75を参照するとまず初めにステップ460において  $NO_x$  量  $NOX$  が許容値  $MAX$  よりも大きくなったか否かが判別される。  $NOX > MAX$  のときにはステップ462にジャンプし、  $NOX > MAX$  になるとステップ461に進んで  $NO_x$  放出フラグがセットされた後にステップ462に進む。ステップ462では  $NO_x$  量  $NOX$  が中間設定値  $MID$  よりも多くなったか否かが判別され、  $NOX > MID$  になったときにはステップ463に進んで  $MID$  フラグがセットされる。

#### 【0141】

図76および図77は燃料噴射の制御ルーチンを示しており、このルーチンは例えば一定時間毎の割込みによって実行される。

図76および図77を参照するとまず初めにステップ470において  $NO_x$  放出フラグがセットされているか否かが判別される。  $NO_x$  放出フラグがセットされていないときにはステップ471に進んで実行フラグがセットされているか否かが判別される。この実行フラグは  $MID$  フラグがセットされているときに機関負荷が中高負荷から低負荷に変化したとき、或いは低負荷から中高負荷に変化したときにセットされる。実行フラグがセットされていないときにはステップ472に進んで  $MID$  フラグがセットされているか否かが判別される。  $MID$  フラグがセットされていないときにはステップ475に進む。

#### 【0142】

ステップ475ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $ROM33$  内に記憶されている図6に示す関係から吸気行程噴射量  $Q_1$  および圧縮行程噴射量  $Q_2$  が算出される。次いでステップ476ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $ROM33$  内に記憶されている図6に示す関係から噴射時期が算出され、次いでステップ477ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $ROM33$  内に記憶されている図7に示す関係からスロットル弁23の開度が算出され、次いでステップ478ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  および機関回転数  $N$  に基いて予め  $ROM33$  内に記憶されている関係から  $EGR$  弁29の開度が算出され、次いでステップ479ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  に基いて予め  $ROM33$  内に記憶されている図8に示す関係から吸気制御弁17の開度が算出される。

#### 【0143】

次いでステップ480ではアクセルペダル40の踏込み量  $L$  が  $L_0$  (図7) よりも低いか否かが判別される。  $L < L_0$  のときにはステップ481に進んで図14(A)に示すマップから  $NO_x$  放出量  $A$  が算出される。次いでステップ482では  $NO_x$  放出量  $D$  が零とされ、次いでステップ485に進む。一方、ステップ480において  $L \geq L_0$  であると判別されたときにはステップ483に進んで図14(B)に示すマップから  $NO_x$  放出量  $D$  が算出される。次いでステップ484では  $NO_x$  吸収量  $A$  が零とされ、次いでステップ485に進む。ステップ485では  $NO_x$  吸収剤26に吸収されていると推定される  $NO_x$  量  $NOX (= NOX + A - D)$  が算出される。次いでステップ486では  $NOX$  が負になったか否かが判別され、  $NOX < 0$  になったときにはステップ487に進んで  $NOX$  が零とされる。

#### 【0144】

一方、ステップ472において  $MID$  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473に進んでアクセルペダル40の踏込み量  $L$  が  $L_1$  以下になったか否か、即ち機関負荷が中高負荷から低負荷に変化したか否かが判別される。  $L < L_1$  に変化したときでなければステップ474に進んでアクセルペダル40の踏込み量  $L$  が  $L_1$  以上になっ

10

20

30

40

50

たか否か、即ち機関負荷が低負荷から中高負荷に変化したか否かが判別される。 $L > L_1$ に変化したときでなければステップ475に進む。

【0145】

一方、MIDフラグがセットされた後、ステップ473においてアクセルペダル40の踏込み量Lが $L_1$ 以下になった、即ち機関負荷が中高負荷から低負荷に変化したと判別されたときにはステップ488に進んで実行フラグがセットされ、次いでステップ489に進む。なお、一旦実行フラグがセットされると471からステップ489にジャンプする。ステップ489では吸気行程噴射と圧縮行程噴射が行われる弱成層状態とされ、図73に示されるようにこの弱成層状態において吸気行程噴射量が増量されることによって平均空燃比A/Fがリッチにされる。

10

【0146】

次いでステップ490では図23から $\text{NO}_x$ 放出量Dが算出され、次いでステップ491では $\text{NO}_x$ 量NOXから $\text{NO}_x$ 放出量Dが減算される。次いでステップ492では $\text{NO}_x$ 量NOXが下限値MINよりも小さくなったか否かが判別される。 $\text{NOX} < \text{MIN}$ になるとステップ493に進んでMIDフラグおよび実行フラグがリセットされる。これらフラグがリセットされると通常の強成層状態に移行せしめられる。

【0147】

一方、MIDフラグがセットされた後にステップ474においてアクセルペダル40の踏込み量Lが $L_1$ 以上になった、即ち機関負荷が低負荷から中高負荷に変化したと判別されたときにはステップ488に進んで実行フラグがセットされ、次いでステップ489に進む。ステップ489ではこのとき中負荷運転時であれば図74に示されるように吸気行程噴射と圧縮行程噴射が行われる弱成層状態とされ、この弱成層状態において吸気行程噴射量が増量されることによって平均空燃比A/Fがリッチにされる。一方、このとき高負荷運転時であれば均一混合気状態において平均空燃比A/Fがリッチとされる。

20

【0148】

次いでステップ489, 490, 491を経てステップ492に進み、 $\text{NOX} < \text{MIN}$ になるとステップ493に進んでMIDフラグおよび実行フラグがリセットされる。これらフラグがリセットされると通常の弱成層状態又は均一混合気状態に戻される。

一方、ステップ470において $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされたと判断されたときにはステップ494に進んでアクセルペダル40の踏込み量Lが $L_1$ よりも小さいか否かが判別される。 $L < L_1$ のときにはステップ496に進んで平均空燃比A/Fをリッチにするリッチ処理Iが行われる。これに対して $L > L_1$ のときにはステップ495に進んでアクセルペダル40の踏込み量Lが $L_2$ よりも小さいか否かが判別される。 $L < L_2$ のときにはステップ497に進んで平均空燃比A/Fをリッチにするリッチ処理IIが行われ、 $L > L_2$ のときにはステップ498に進んで平均空燃比A/Fをリッチにするリッチ処理IIIが行われる。

30

【0149】

図78から図81に更に別の実施例を示す。この実施例では図78および図79に示されるように点火栓10側方のシリンダヘッド4の内壁面中央部に空気噴射弁80が配置されている。 $\text{NO}_x$ 吸収剤26から $\text{NO}_x$ を放出すべく平均空燃比A/Fがリッチにされたときにこの空気噴射弁80からはJで示されるように点火栓10周りの燃焼室5内に空気が噴射される。図78および図79に示す実施例ではこの空気噴射弁80からの空気の噴射作用は圧縮行程末期に行われる。

40

【0150】

このように点火栓10の周りに空気が噴射されると点火栓10周りの混合気中の酸素濃度が高くなり、斯くして点火栓10の周りにたとえ過濃な混合気が形成されたとしても失火を生ずることなく良好な着火を確保することができる。

図80はこのような空気噴射弁80を用いた場合の機関低負荷運転時における $\text{NO}_x$ 放出制御の一例を示している。図80に示されるようにこの例においては $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされる前は圧縮行程噴射のみが行われており、 $\text{NO}_x$ 放出フラグがセットされて

50

も圧縮行程噴射のみが行われる。ただし、 $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると圧縮噴射量が増量せしめられると共に空気噴射弁 80 からの空気噴射が行われる。このとき圧縮噴射量の増量によって平均空燃比  $A/F$  はリッチとなるが空気噴射弁 80 から噴射された空気によって点火栓 10 の周りには最適な空燃比の混合気が形成される。

#### 【0151】

図 8 1 は図 8 0 に示される  $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御ルーチンとして図 2 0 に示されるルーチンが使用される。図 8 1 を参照するとまず初めにステップ 5 0 0 において圧縮行程末期に空気噴射弁 80 を開弁する処理が行われる。次いでステップ 5 0 1 では圧縮行程噴射量を増量することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 5 0 2 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 5 0 3 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 5 0 4 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 5 0 5 に進んで圧縮行程噴射量が減量され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 5 0 6 では空気噴射弁 80 が閉弁状態に保持される。次いでステップ 5 0 7 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

10

#### 【0152】

図 8 2 および図 8 3 は吸気制御弁 17 (図 3) を制御するようにした場合のリッチ処理を示している。図 1 から図 5 に示される実施例では機関低負荷運転時には吸気制御弁 17 が閉弁せしめられており、このとき燃焼室 5 内には旋回流 S (図 3) が発生せしめられる。圧縮行程時に噴射される燃料はこの旋回流によって予め定められた限られた領域内に集められ、この限られた領域内に集められた燃料が点火栓 10 によって着火せしめられる。

20

#### 【0153】

このように機関低負荷運転時に良好な着火が得られる強成層状態を作り出すには旋回流を発生させることが必要となることがあるが均一混合気状態にするためにはこのような旋回流は特に発生させる必要はない。そこで図 8 2 に示される実施例では平均空燃比  $A/F$  をリッチにするときには吸気制御弁 17 を開弁せしめるようにしている。即ち、機関低負荷運転時におけるリッチ処理を表わしている図 8 2 に示されるように  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされる前は圧縮行程噴射のみが行われており、このとき吸気制御弁 17 は閉弁している。これに対して  $\text{NO}_x$  放出フラグがセットされると圧縮行程噴射が停止せしめられると共に吸気行程噴射が開始され、このとき吸気制御弁 17 が開弁せしめられる。このときには平均空燃比  $A/F$  がリッチである均一混合気が形成されて  $\text{NO}_x$  吸収剤 26 からの  $\text{NO}_x$  放出作用が行われる。

30

#### 【0154】

図 8 3 は図 8 2 に示される  $\text{NO}_x$  放出制御を実行するためのリッチ処理 I を示している。なお、この実施例においても燃料噴射の制御ルーチンとして図 2 0 に示されるルーチンが使用される。図 8 3 を参照するとまず初めにステップ 5 1 0 で吸気制御弁 17 が全開せしめられる。次いでステップ 5 1 1 では圧縮行程噴射を停止し、吸気行程噴射を開始することにより平均空燃比  $A/F$  がリッチとされる。次いでステップ 5 1 2 では図 2 3 から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が算出され、次いでステップ 5 1 3 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  から  $\text{NO}_x$  放出量  $D$  が減算される。次いでステップ 5 1 4 では  $\text{NO}_x$  量  $\text{NO}_x$  が下限値  $\text{MIN}$  よりも小さくなったか否かが判別される。  $\text{NO}_x < \text{MIN}$  になるとステップ 5 1 5 に進んで吸気行程噴射が停止されると共に圧縮行程噴射が開始され、平均空燃比  $A/F$  がリッチからリーンとなる。次いでステップ 5 1 6 では吸気制御弁 17 が全開せしめられる。次いでステップ 5 1 7 において  $\text{NO}_x$  放出フラグがリセットされる。

40

#### 【0155】

図 8 4 は燃焼室 5 内には燃料噴射弁を有しておらず、燃料噴射弁 11 が吸気枝管 15 に取付けられている内燃機関を示しており、本発明はこのような内燃機関にも適用することができる。このようないわゆるポート噴射式内燃機関では従来より種々の方法により混合気を成層化するようにしており、機関低負荷運転時に混合気を成層化するようにした内燃

50

機関には全て本発明を適用することができる。例えば機関低負荷運転時に成層化するようにした内燃機関では $\text{NO}_x$  放出のために平均空燃比をリーンからリッチに切替えたときには成層化の度合いが弱められるか、或いは均一混合気とされる。

【0156】

また燃焼室5内に旋回流を発生させることにより成層化するようにした内燃機関では $\text{NO}_x$  放出のために平均空燃比をリーンからリッチに切替えたときには旋回流を弱めるか、或いは旋回流の発生を停止することにより成層化の度合いが弱められるか、或いは均一混合気とされる。

【図面の簡単な説明】

【0157】

【図1】機関本体を断面で示した内燃機関の全体図である。

【図2】図1に示す内燃機関全体を図解的に示す平面図である。

【図3】シリンダヘッドの平面断面図である。

【図4】ピストン頂面の平面図である。

【図5】図3の側面断面図である。

【図6】燃料噴射量および燃料噴射時期を示す図である。

【図7】燃料噴射量、スロットル開度、EGR弁開度および燃焼室内における平均空燃比を示す図である。

【図8】吸気制御弁の開度を示す線図である。

【図9】低負荷運転時における燃焼方法を説明するための図である。

【図10】中負荷運転時における燃焼方法を説明するための図である。

【図11】排気ガス中の $\text{CO}$ 、 $\text{HC}$ 、 $\text{O}_2$ の濃度を示す図である。

【図12】 $\text{NO}_x$  吸収剤の $\text{NO}_x$  吸放出作用を説明するための図である。

【図13】 $\text{NO}_x$  放出制御のタイムチャートである。

【図14】 $\text{NO}_x$  吸収量および $\text{NO}_x$  放出量のマップを示す図である。

【図15】燃料噴射量、スロットル弁開度および燃焼室内における平均空燃比を示す図である。

【図16】 $\text{NO}_x$  放出制御を示すタイムチャートである。

【図17】噴射制御を行うためのフローチャートである。

【図18】噴射制御を行うためのフローチャートである。

【図19】 $\text{NO}_x$  放出フラグを制御するためのフローチャートである。

【図20】噴射制御を行うためのフローチャートである。

【図21】リッチ処理Iを行うための $\text{NO}_x$  放出制御を示すタイムチャートである。

【図22】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。

【図23】 $\text{NO}_x$  放出量のマップを示す図である。

【図24】リッチ処理Iを行うための別の実施例を示す $\text{NO}_x$  放出制御のタイムチャートである。

【図25】リッチ処理Iを行うための別の実施例を示すフローチャートである。

【図26】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図27】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図28】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示す $\text{NO}_x$  放出制御のタイムチャートである。

【図29】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図30】リッチ処理を行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図31】追加の燃料噴射を示す図である。

【図32】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示す $\text{NO}_x$  放出制御のタイムチャートである。

【図33】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図34】リッチ処理IIを行うための $\text{NO}_x$  放出制御を示すタイムチャートである。

【図35】リッチ処理IIを行うためのフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図36】リッチ処理IIを行うための別の実施例を示す $\text{NO}_x$ 放出制御のタイムチャートである。

【図37】リッチ処理IIを行うための別の実施例を示すフローチャートである。

【図38】リッチ処理IIを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図39】リッチ処理IIIを行うための更に別の実施例を示す $\text{NO}_x$ 放出制御のタイムチャートである。

【図40】リッチ処理IIIを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図41】別の実施例を示すシリンダヘッドの断面平面図である。

【図42】燃料噴射量を示す図である。

【図43】リッチ処理Iを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。 10

【図44】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。

【図45】リッチ処理IIを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図46】リッチ処理IIを行うためのフローチャートである。

【図47】リッチ処理IIIを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図48】リッチ処理IIIを行うためのフローチャートである。

【図49】燃料噴射量を示す図である。

【図50】リッチ処理Iを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図51】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。

【図52】リッチ処理IIを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図53】リッチ処理IIを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。 20

【図54】リッチ処理IIを行うためのフローチャートである。

【図55】リッチ処理IIIを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図56】リッチ処理IIIを行うためのフローチャートである。

【図57】別の実施例を示す内燃機関の全体図である。

【図58】トルクコンバータを図解的に示す側面図である。

【図59】リッチ処理Iを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図60】リッチ処理Iを行うための $\text{NO}_x$ 放出制御を示すタイムチャートである。

【図61】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するためのフローチャートである。

【図62】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。

【図63】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。 30

【図64】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するためのフローチャートである。

【図65】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図66】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図67】 $\text{NO}_x$ 放出制御のタイムチャートである。

【図68】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するためのフローチャートである。

【図69】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するための別の実施例を示すフローチャートである。

【図70】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図71】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するための更に別の実施例を示すフローチャートである。 40

【図72】 $\text{NO}_x$ 放出フラグを制御するための更に別の実施例を示すフローチャートである。

【図73】リッチ処理を行うための更に別の実施例を示す $\text{NO}_x$ 放出制御のタイムチャートである。

【図74】リッチ処理を行うための更に別の実施例を示す $\text{NO}_x$ 放出制御のタイムチャートである。

【図75】フラグを制御するためのフローチャートである。

【図76】噴射制御を行うためのフローチャートである。

【図77】噴射制御を行うためのフローチャートである。

【図78】内燃機関の別の実施例を示す側面断面図である。 50

【図79】図78に示されるシリンダヘッドの平面断面図である。

【図80】リッチ処理Iを行うためのNO<sub>x</sub>放出制御を示すタイムチャートである。

【図81】リッチ処理Iを行うためのフローチャートである。

【図82】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すNO<sub>x</sub>放出制御のタイムチャートである。

【図83】リッチ処理Iを行うための更に別の実施例を示すフローチャートである。

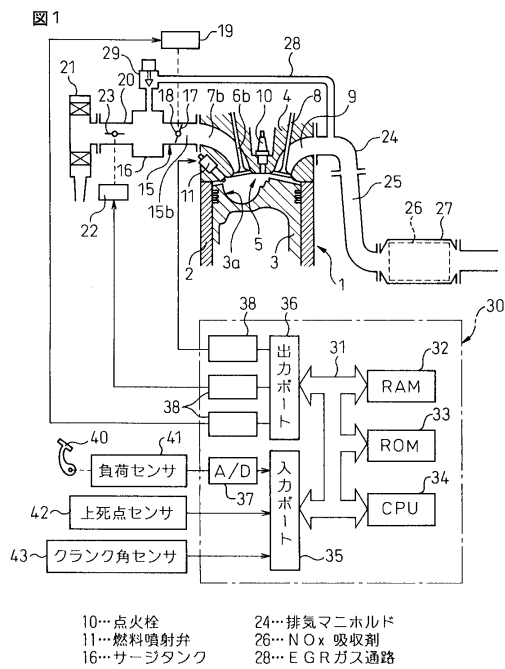
【図84】内燃機関の別の実施例を示す全体図である。

【符号の説明】

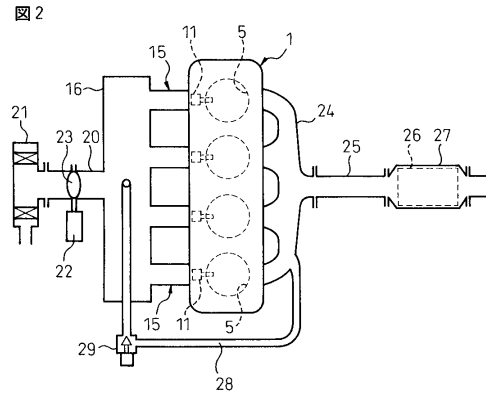
【0158】

- 10 ... 点火栓
- 11 ... 燃料噴射弁
- 16 ... サージタンク
- 24 ... 排気マニホールド
- 26 ... NO<sub>x</sub> 吸収剤
- 28 ... EGRガス通路

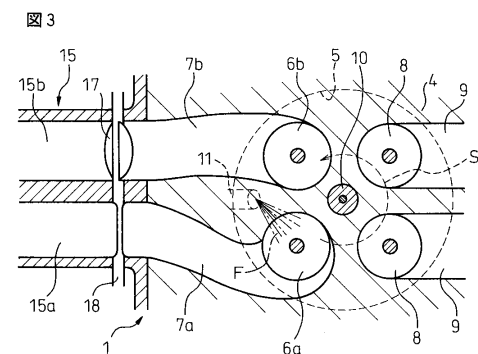
【図1】



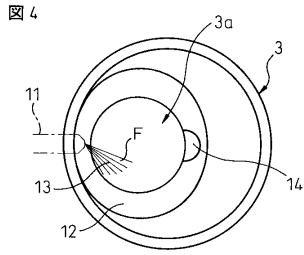
【図2】



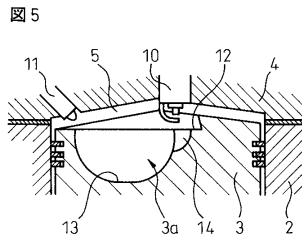
【図3】



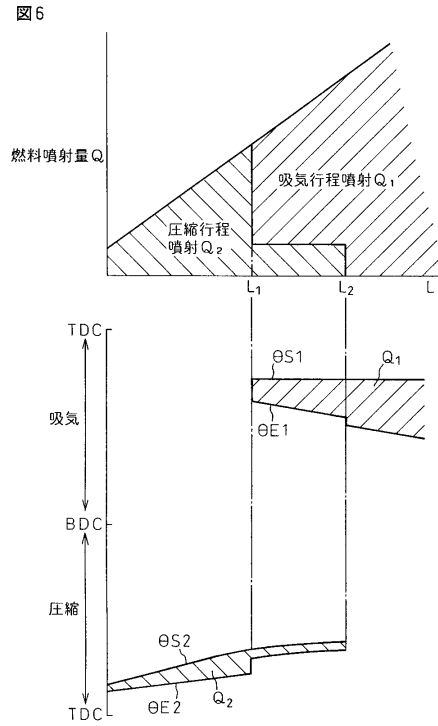
【 図 4 】



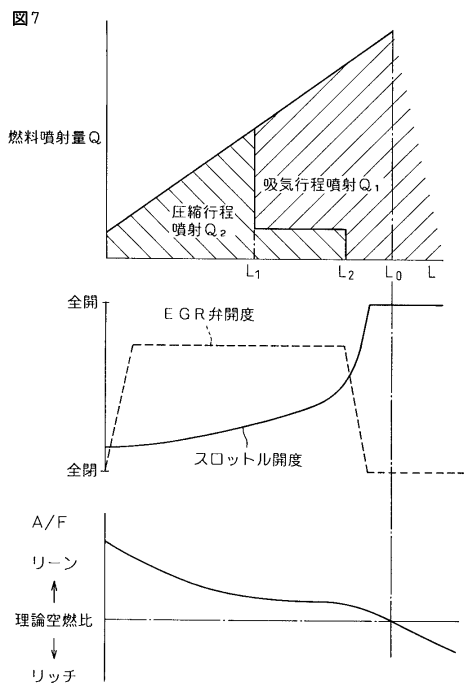
【 図 5 】



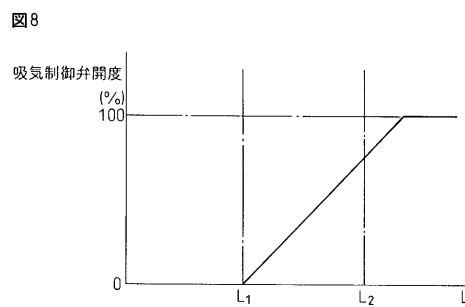
【 図 6 】



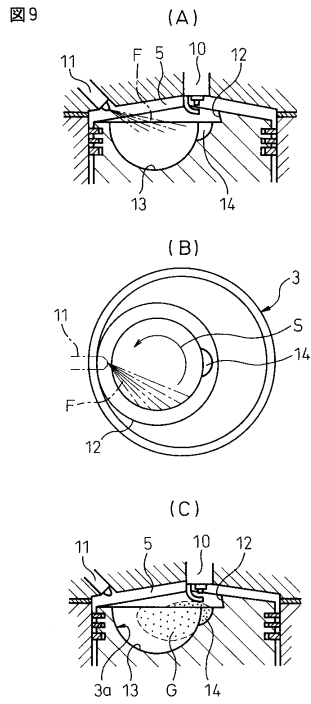
【 図 7 】



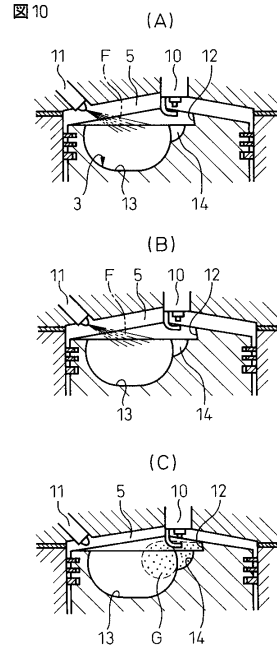
【 図 8 】



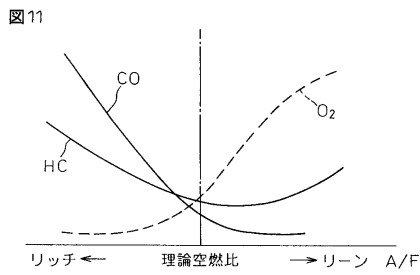
【 図 9 】



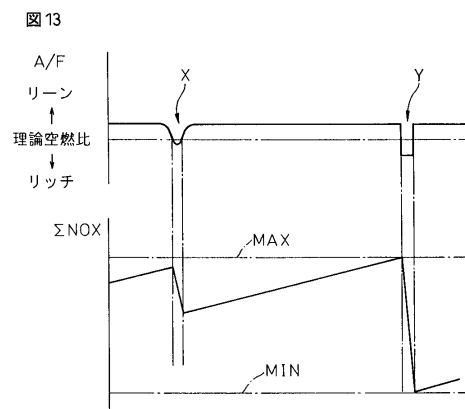
【 図 10 】



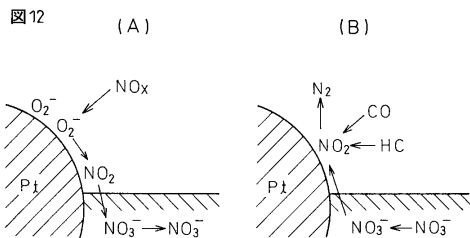
【 図 11 】



【 図 13 】

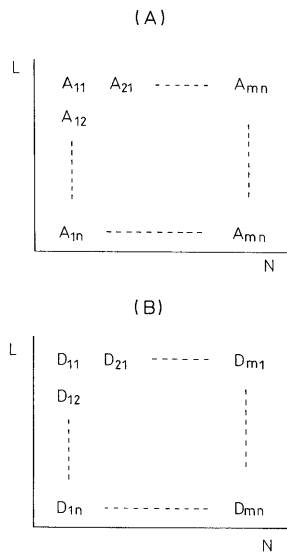


【 図 12 】



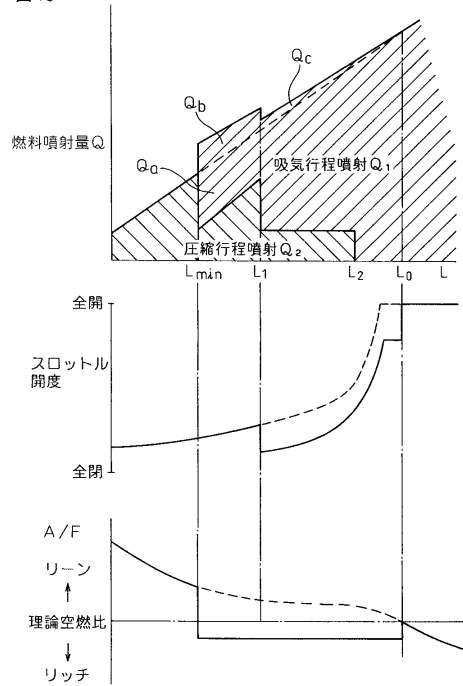
【 図 1 4 】

図 14



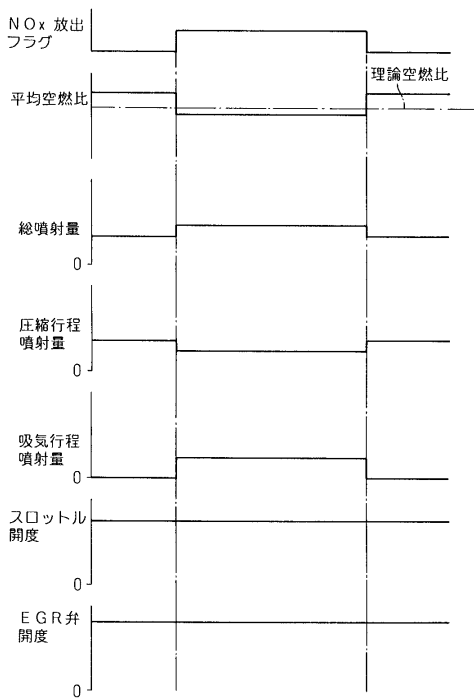
【 図 1 5 】

図 15



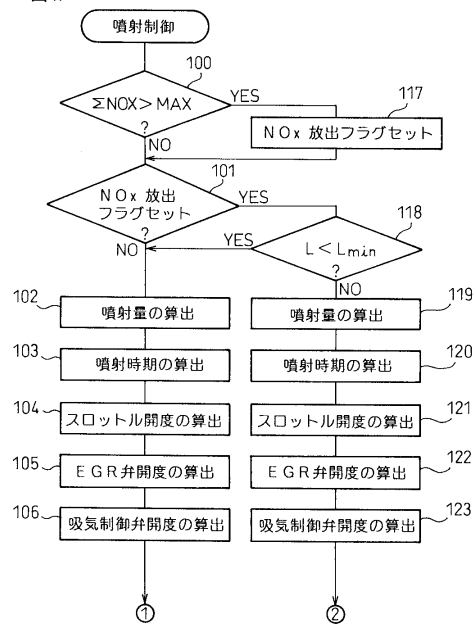
【 図 1 6 】

図 16

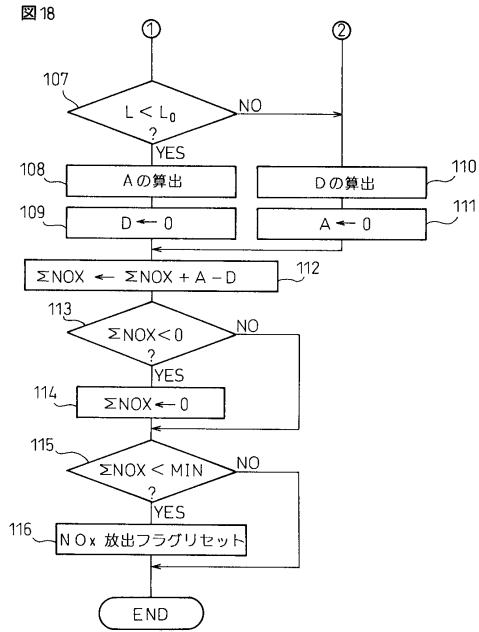


【 図 1 7 】

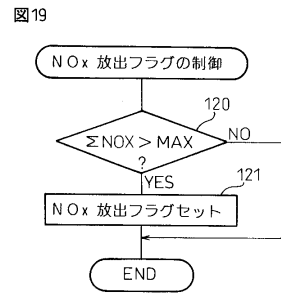
図 17



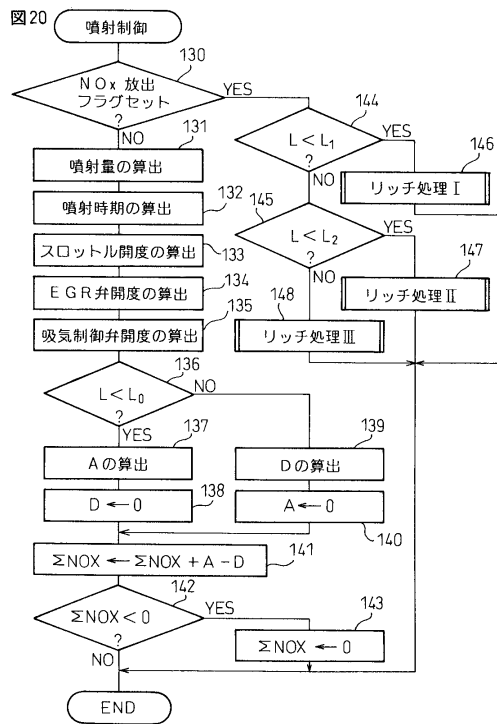
【 図 18 】



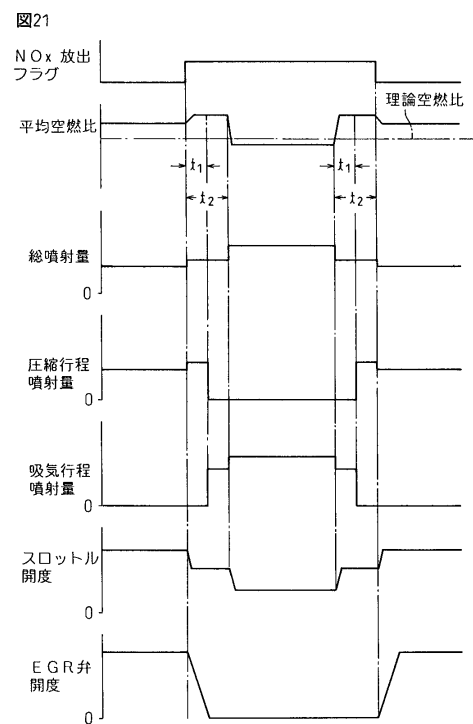
【 図 19 】



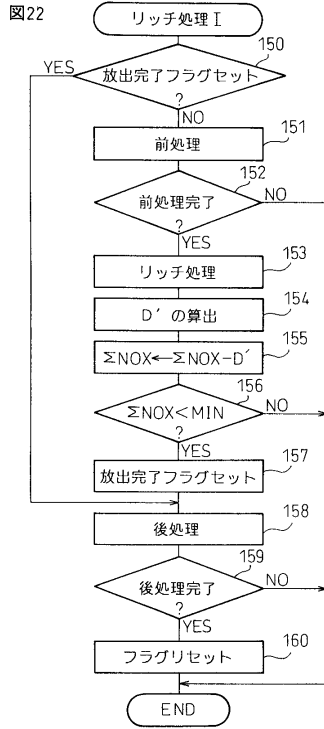
【 図 20 】



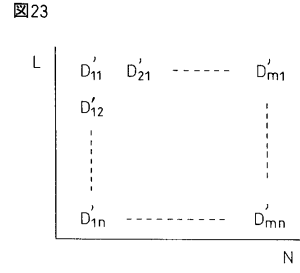
【 図 21 】



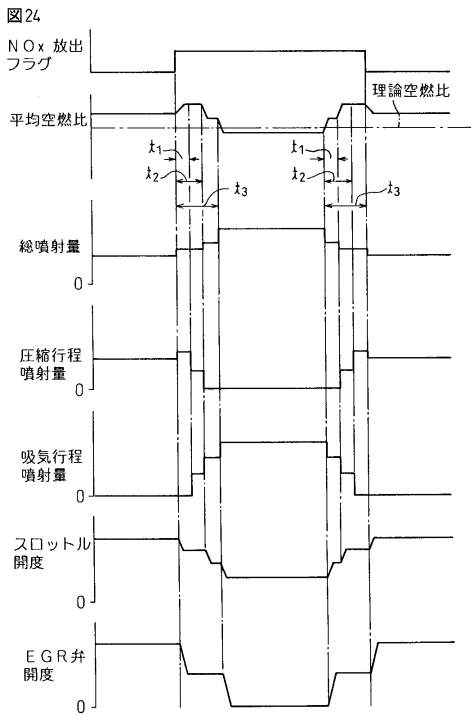
【 図 2 2 】



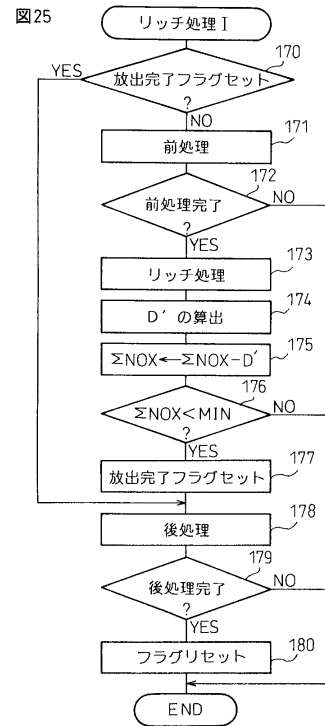
【 図 2 3 】



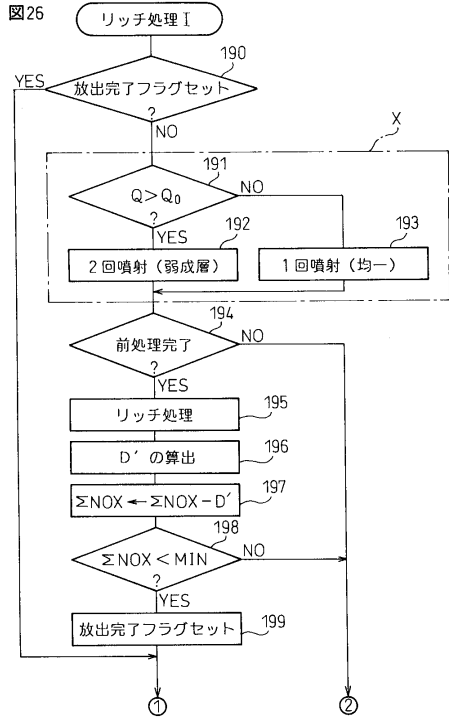
【 図 2 4 】



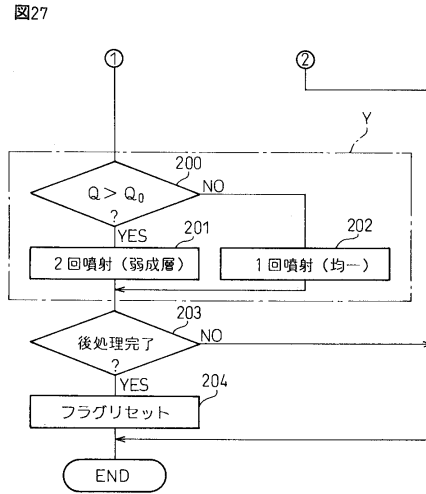
【 図 2 5 】



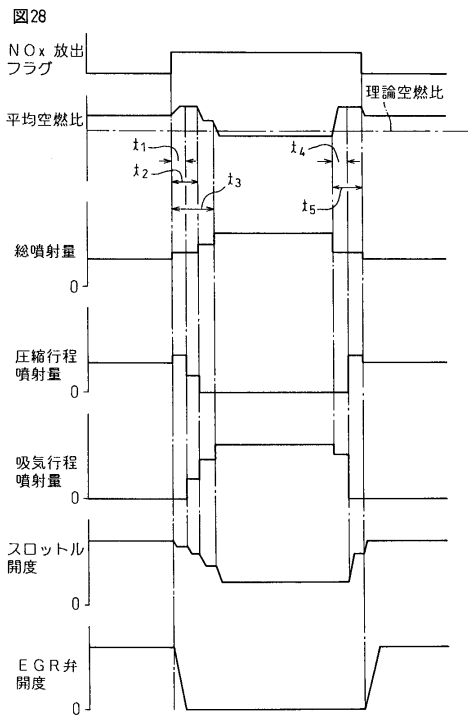
【 図 2 6 】



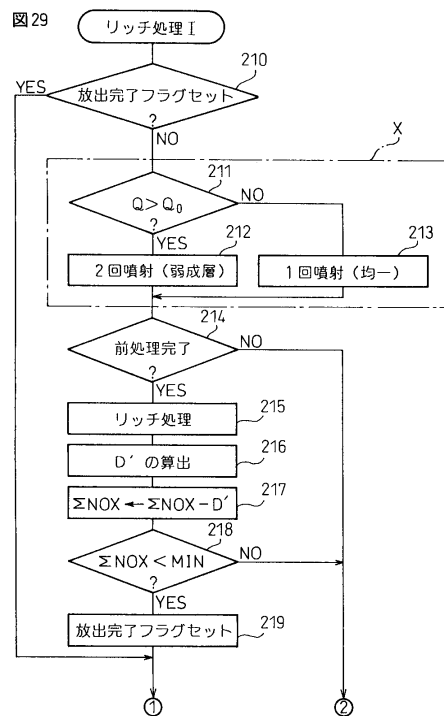
【 図 2 7 】



【 図 2 8 】

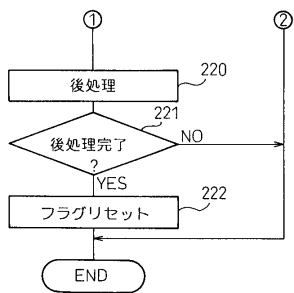


【 図 2 9 】



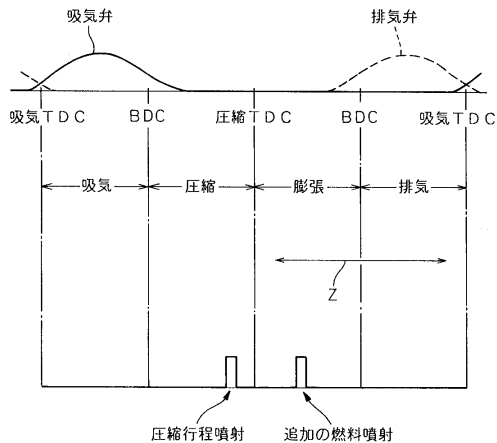
【 図 3 0 】

図30



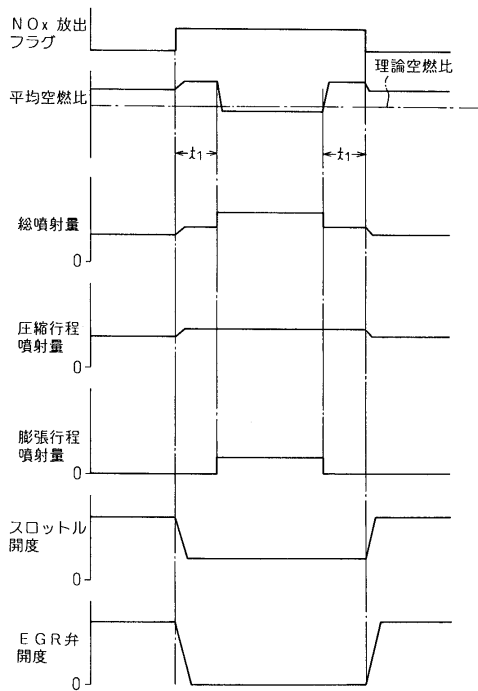
【 図 3 1 】

図31



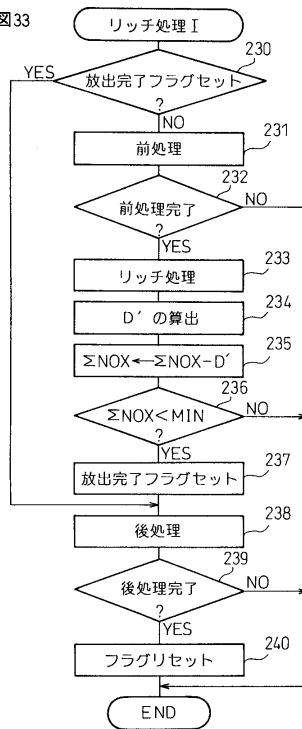
【 図 3 2 】

図32

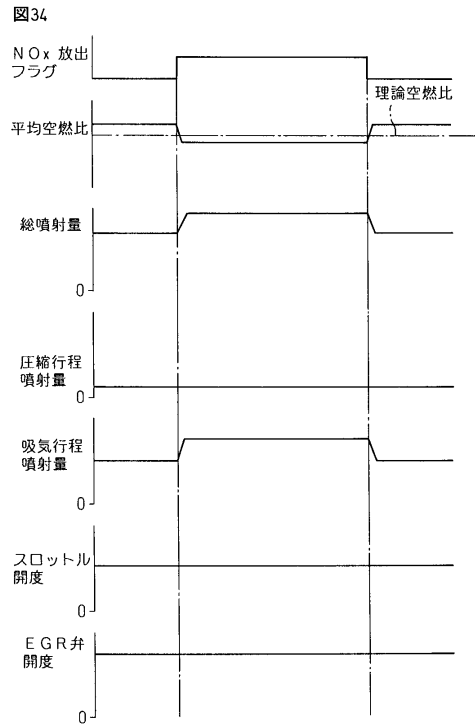


【 図 3 3 】

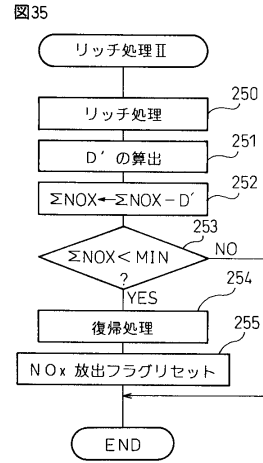
図33



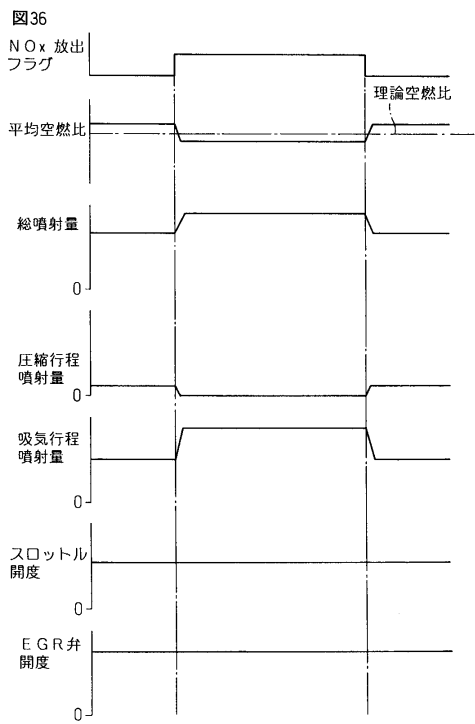
【 図 3 4 】



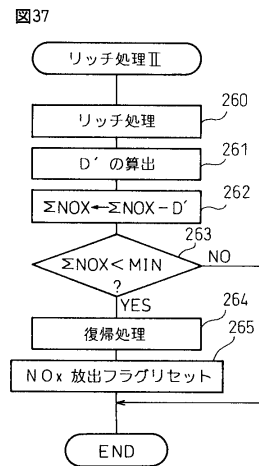
【 図 3 5 】



【 図 3 6 】

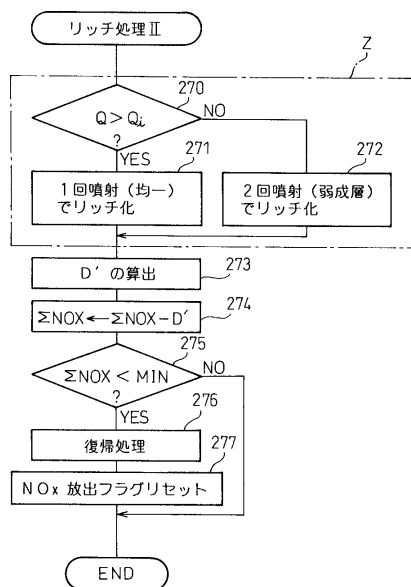


【 図 3 7 】



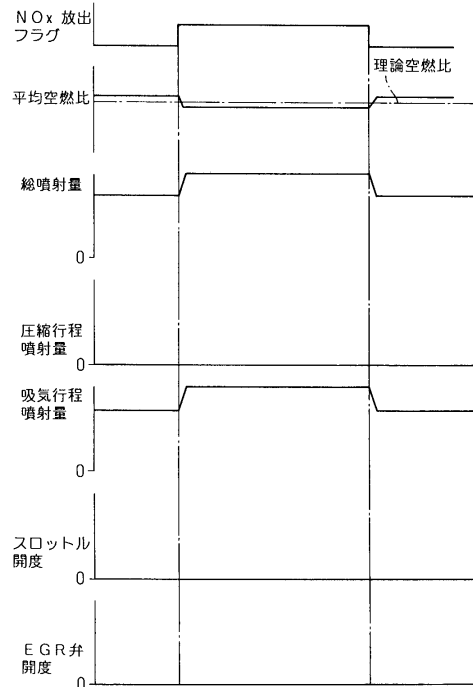
【 図 3 8 】

図38



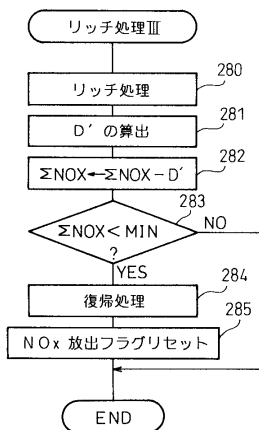
【 図 3 9 】

図39



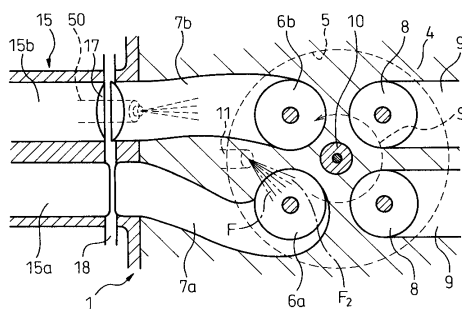
【 図 4 0 】

図40



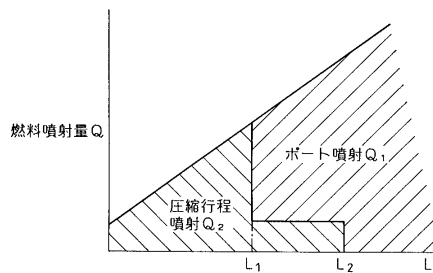
【 図 4 1 】

図41



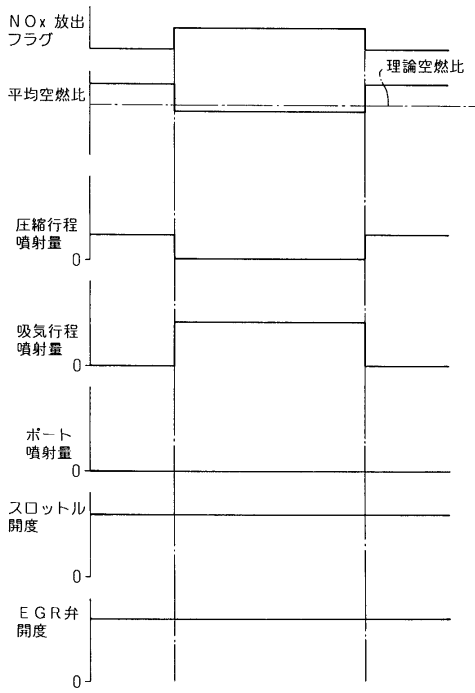
【 図 4 2 】

図42



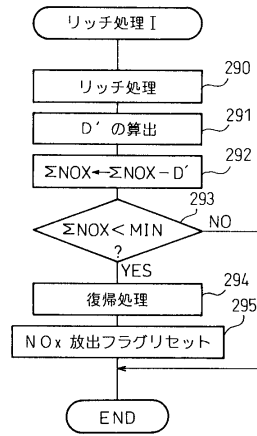
【 図 4 3 】

図43



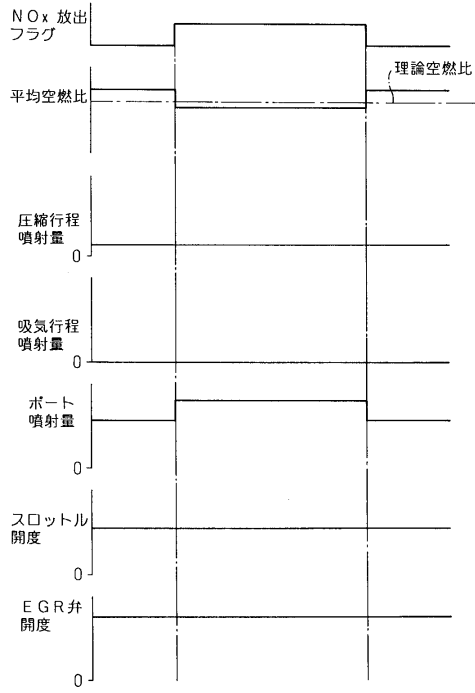
【 図 4 4 】

図44



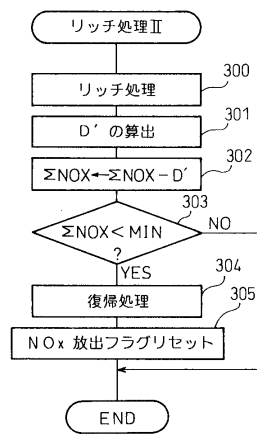
【 図 4 5 】

図45

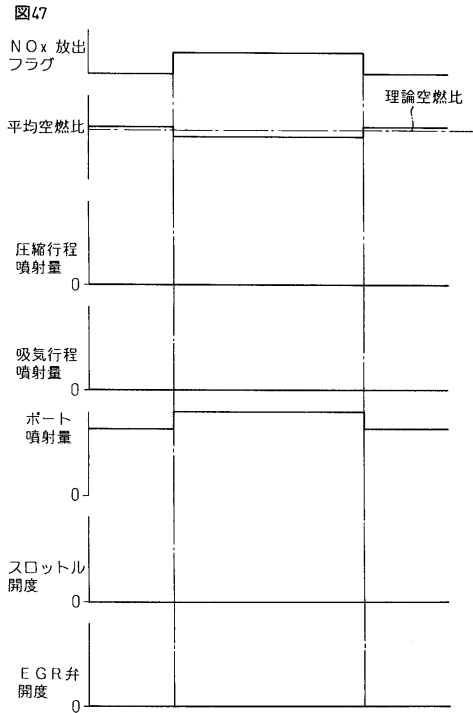


【 図 4 6 】

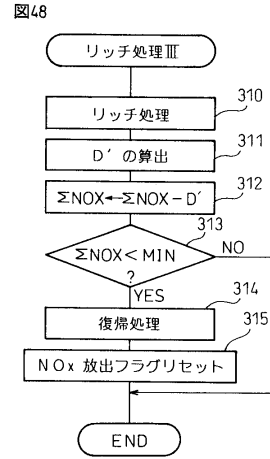
図46



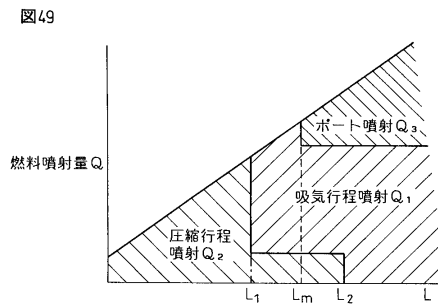
【 図 4 7 】



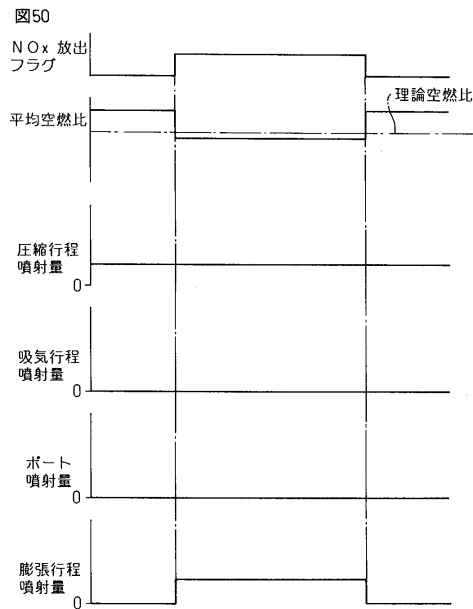
【 図 4 8 】



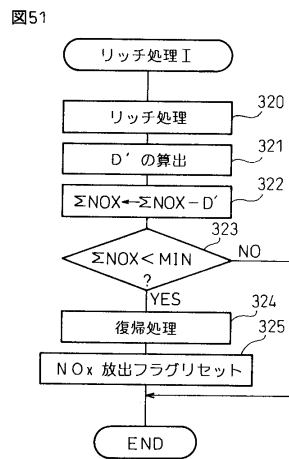
【 図 4 9 】



【 図 5 0 】

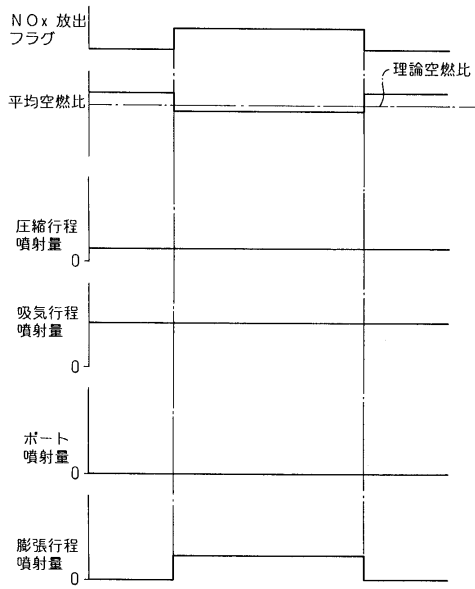


【 図 5 1 】



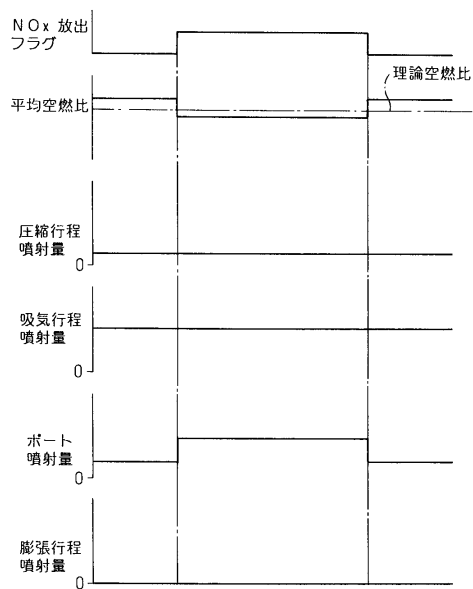
【 図 5 2 】

図52



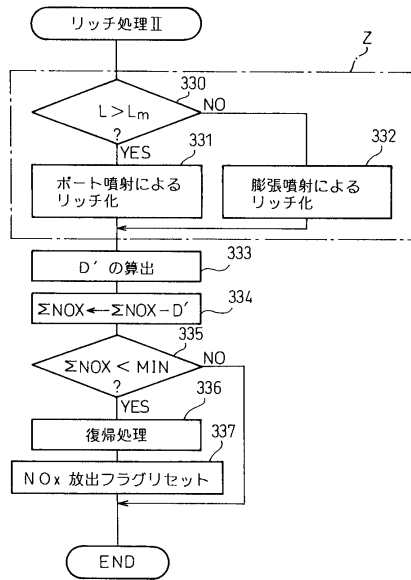
【 図 5 3 】

図53



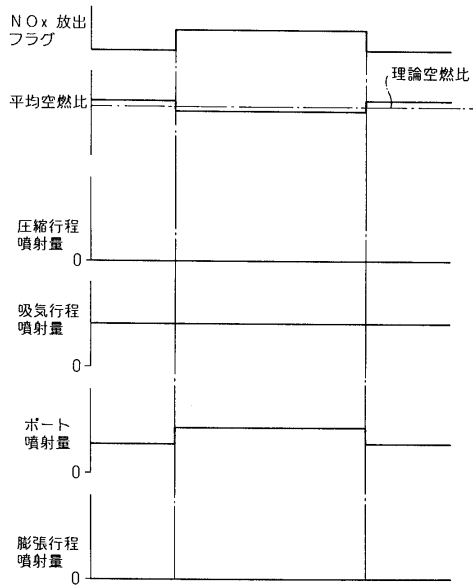
【 図 5 4 】

図54



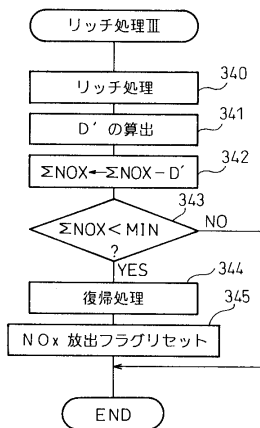
【 図 5 5 】

図55



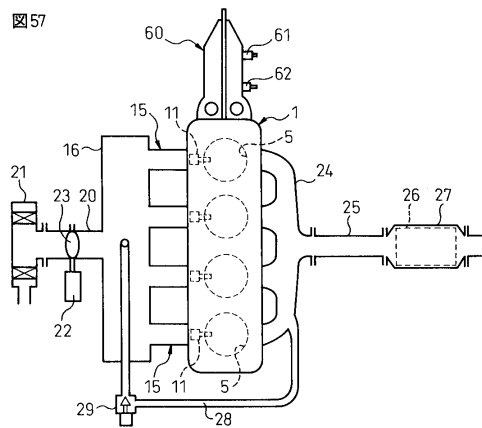
【 図 5 6 】

図56



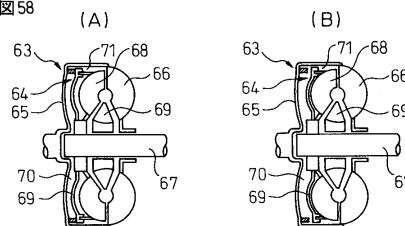
【 図 5 7 】

図57



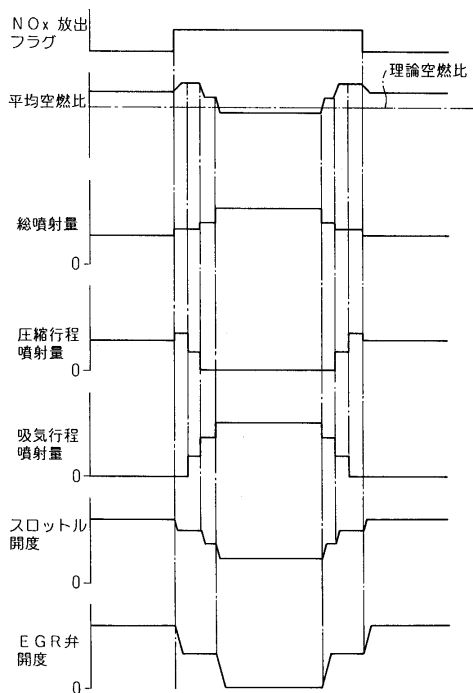
【 図 5 8 】

図58



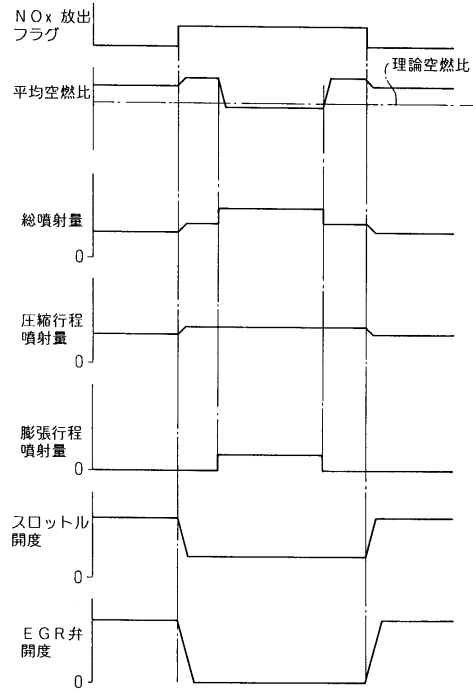
【 図 5 9 】

図59



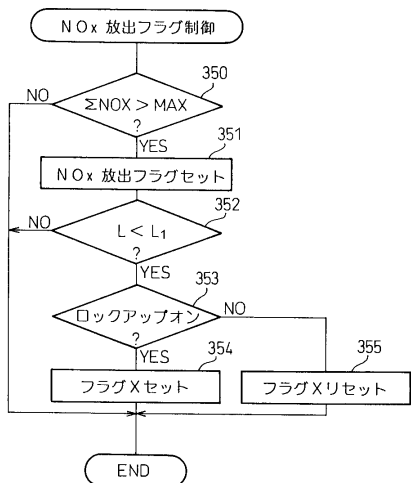
【 図 6 0 】

図60



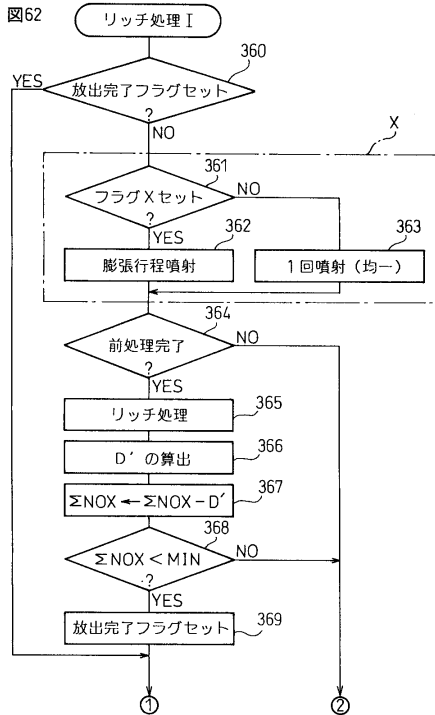
【 図 6 1 】

図61



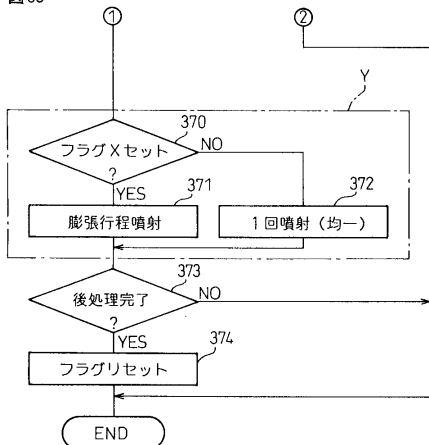
【 図 6 2 】

図62



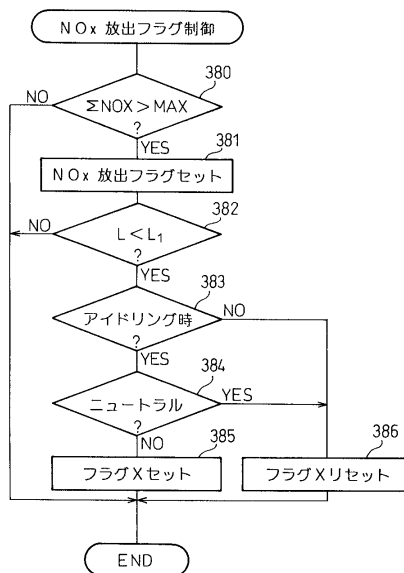
【 図 6 3 】

図63

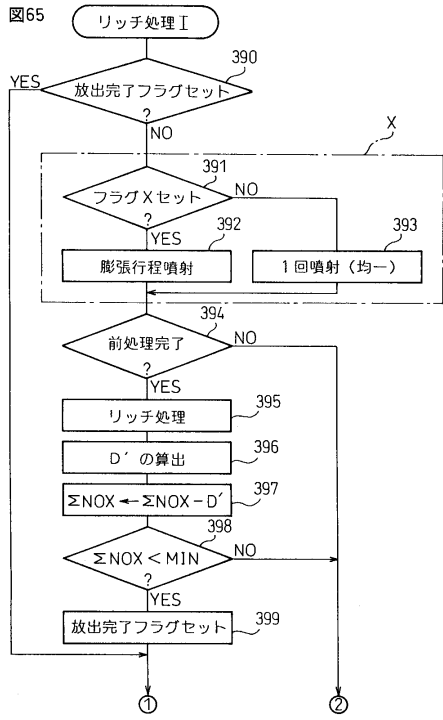


【 図 6 4 】

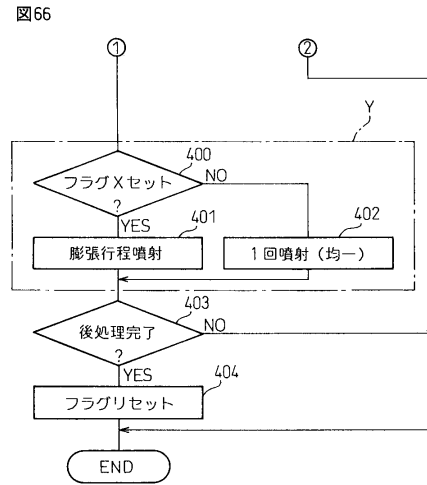
図64



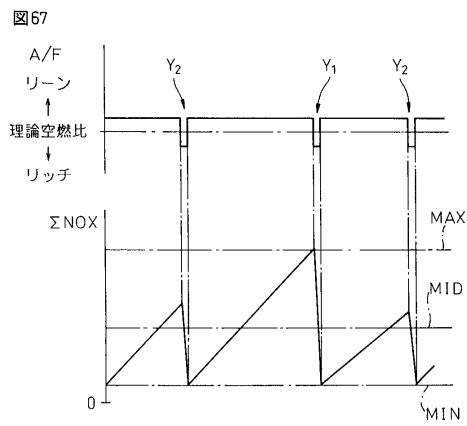
【 図 6 5 】



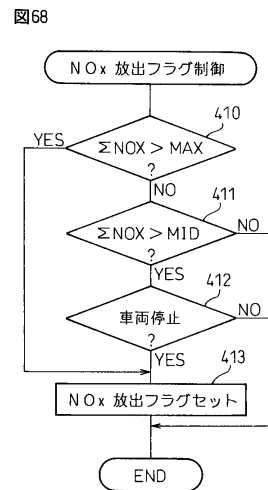
【 図 6 6 】



【 図 6 7 】

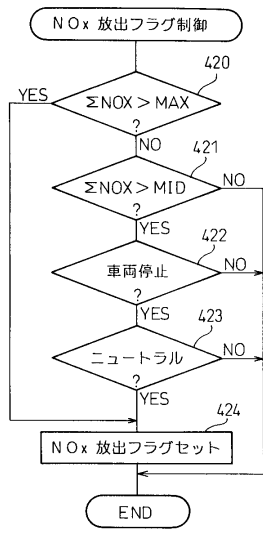


【 図 6 8 】



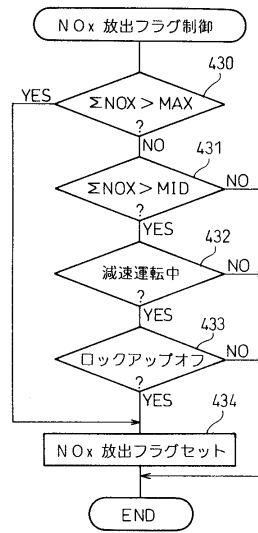
【 図 6 9 】

図69



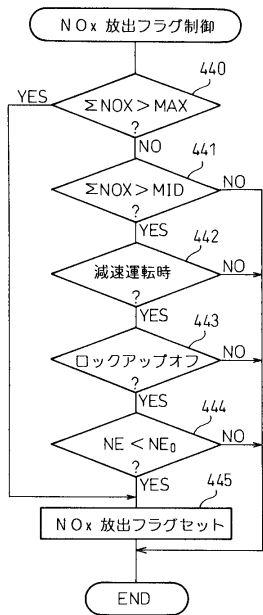
【 図 7 0 】

図70



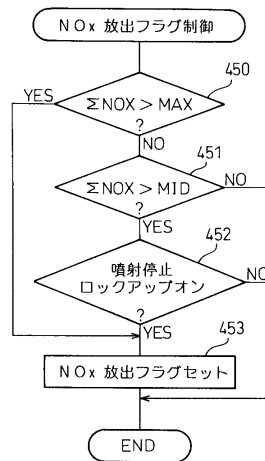
【 図 7 1 】

図71

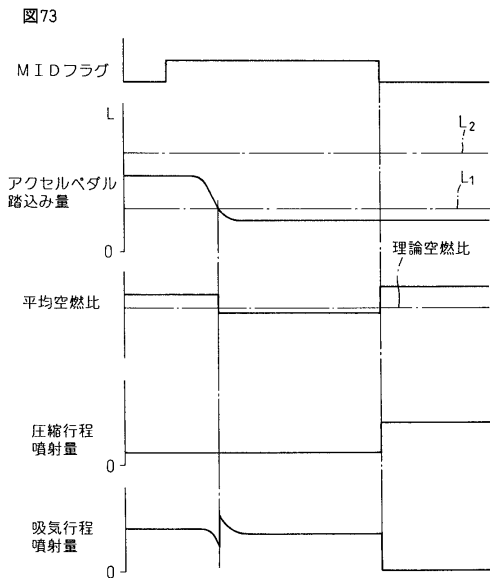


【 図 7 2 】

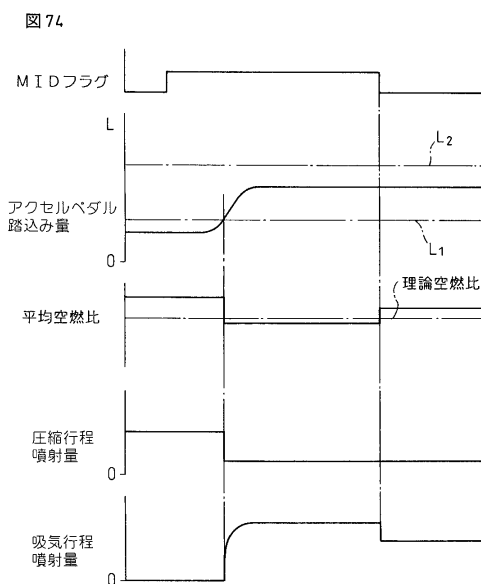
図72



【 図 7 3 】

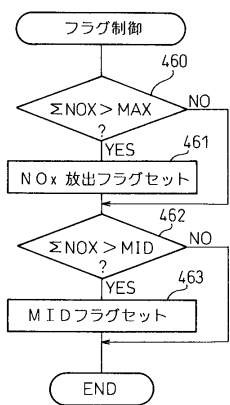


【 図 7 4 】

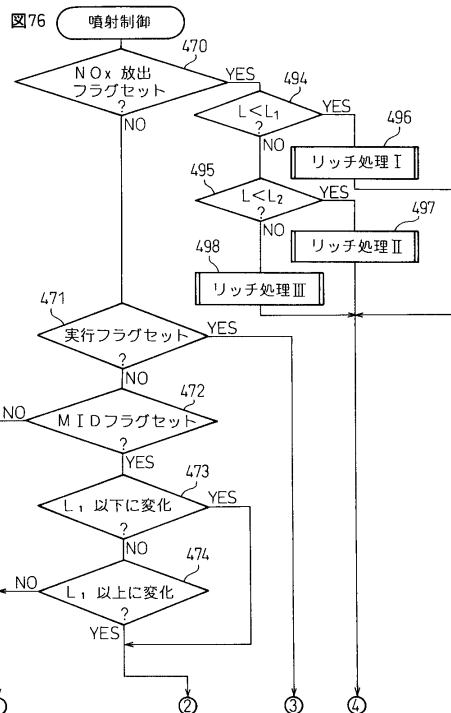


【 図 7 5 】

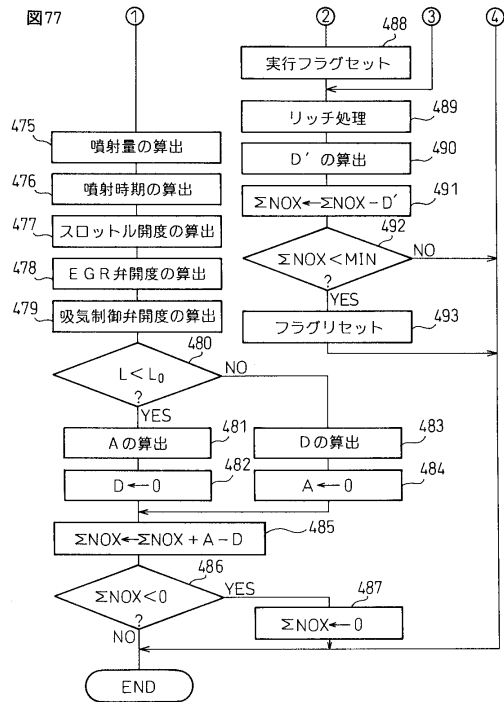
図75



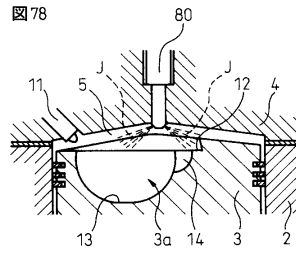
【 図 7 6 】



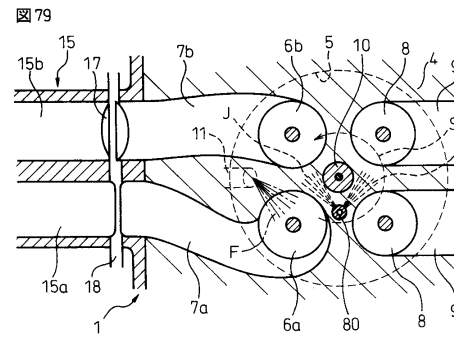
【 図 7 7 】



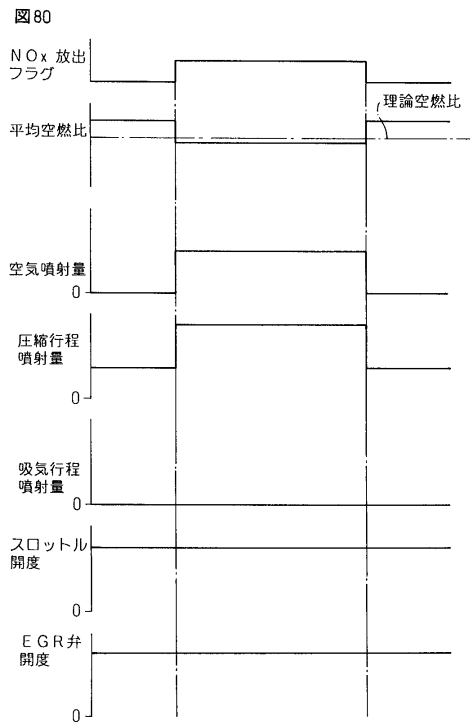
【 図 7 8 】



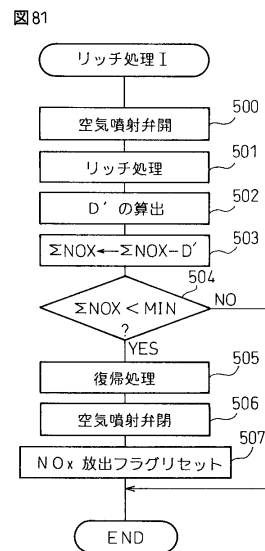
【 図 7 9 】



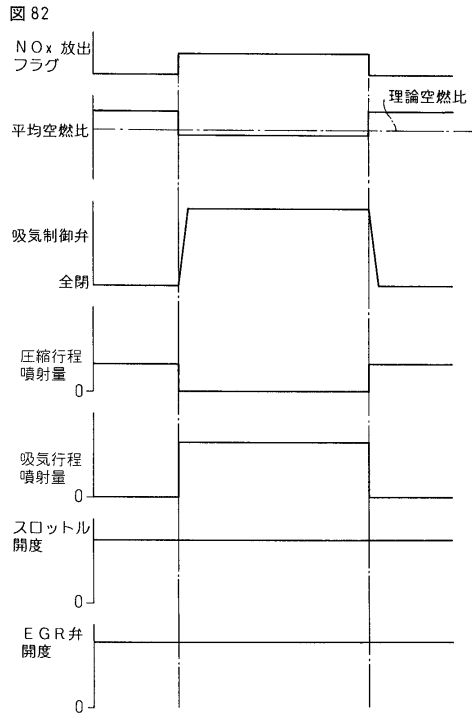
【 図 8 0 】



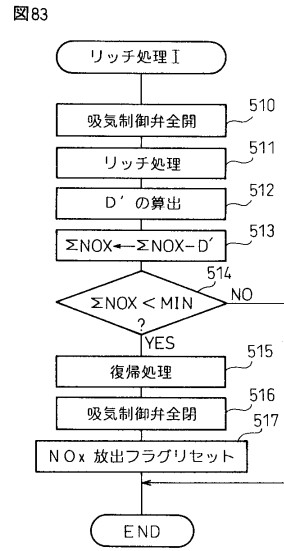
【 図 8 1 】



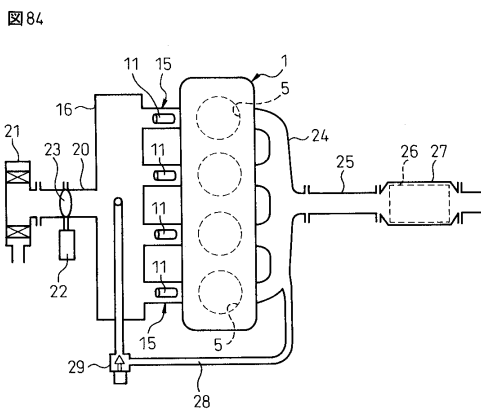
【 図 8 2 】



【 図 8 3 】



【 図 8 4 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I  
F 0 2 D 41/02 3 1 0 E  
F 0 2 D 41/02 3 3 0 E  
F 0 2 D 41/02 3 3 0 F

審査官 河端 賢

(56) 参考文献 特開平 0 6 - 0 5 0 1 3 9 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 2 3 1 1 5 4 ( J P , A )  
実開昭 5 9 - 0 5 8 7 3 2 ( J P , U )  
特開昭 6 0 - 1 5 6 9 5 2 ( J P , A )  
特開昭 6 1 - 0 6 1 9 3 6 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 2 0 3 4 4 6 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 2 7 2 3 9 7 ( J P , A )

(58) 調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
F 0 2 D 4 1 / 0 4  
B 0 1 D 5 3 / 9 4  
F 0 1 N 3 / 0 8  
F 0 1 N 3 / 2 0  
F 0 1 N 3 / 2 4  
F 0 1 N 3 / 2 8  
F 0 2 B 1 7 / 0 0  
F 0 2 B 2 3 / 0 8  
F 0 2 D 2 1 / 0 8  
F 0 2 D 4 1 / 0 2  
F 0 2 D 4 3 / 0 0  
F 0 2 B 1 7 / 0 0  
F 0 2 M 2 5 / 0 0  
F 0 2 M 6 9 / 0 0