

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3598894号
(P3598894)

(45) 発行日 平成16年12月8日(2004. 12. 8)

(24) 登録日 平成16年9月24日(2004. 9. 24)

(51) Int. Cl. ⁷	F I		
FO1N 3/28	FO1N 3/28	K	
FO1N 3/24	FO1N 3/24	L	
FO1N 3/36	FO1N 3/24	R	
FO2D 9/04	FO1N 3/36	B	
FO2D 41/14	FO2D 9/04	E	
請求項の数 14 (全 21 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願平11-214239	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成11年7月28日(1999. 7. 28)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2001-41027(P2001-41027A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成13年2月13日(2001. 2. 13)	(74) 代理人	100077517
審査請求日	平成13年7月25日(2001. 7. 25)		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	広田 信也
			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	浅沼 孝充
			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装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機関排気通路内に第1の触媒を配置すると共に第1の触媒下流の機関排気通路内に第2の触媒を配置し、該第1の触媒として該第2の触媒よりも活性化温度の高い触媒が用いられ、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であるか或いは排気ガス中の還元成分を第2の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であるかを判断する判断手段と、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときには第1の触媒における排気ガス中の還元成分の酸化割合を増大させると共に、排気ガス中の還元成分を第2の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときには第1の触媒における排気ガス中の還元成分の酸化割合を減少させる酸化割合制御手段とを具備し、該酸化割合制御手段は、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときに機関排気通路内の背圧又は機関から排出される排気ガス温の少くとも一方を上昇させる内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】

機関排気通路が各気筒に夫々連結された複数個の排気枝通路と、各排気枝通路に連結された共通の排気通路からなり、第1の触媒が夫々各排気枝通路内に配置され、第2の触媒が共通の排気通路内に配置されている請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項3】

気筒を少くとも一対の気筒群に分割し、機関排気通路が、気筒群毎に設けられかつ各気筒

群に対して共通の排気枝通路と、これら共通の排気枝通路に連結された共通の排気通路からなり、第1の触媒が夫々各共通の排気枝通路内に設けられ、第2の触媒が共通の排気通路内に配置されている請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項4】

機関排気通路が各気筒に共通の排気通路を有し、第1の触媒および第2の触媒が共通の排気通路内に配置されている請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項5】

上記酸化割合制御手段は、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときに機関排気通路内の背圧を上昇させると共に機関から排出される排気ガス温を上昇させる請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

10

【請求項6】

上記第1の触媒として、機関負荷が予め定められた負荷よりも低いときに上記酸化割合制御手段により機関の排気通路内の背圧又は機関から排出される排気ガス温の少くとも一方が上昇せしめられたときには活性化しかつ機関負荷が予め定められた負荷よりも低いときに上記酸化割合制御手段による機関の排気通路内の背圧の上昇作用および機関から排出される排気ガス温の上昇作用が行われないときには活性化しない触媒が用いられる請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項7】

第2の触媒下流の機関排気通路内に排気制御弁が配置され、上記酸化割合制御手段は排気制御弁をほぼ全閉にすることによって機関排気通路内の背圧を上昇させる請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

20

【請求項8】

機関出力を発生するために燃焼室内に噴射された主燃料を空気過剰のもとで燃焼させることに加え副燃料を副燃料が燃焼しうる膨張行程中又は排気行程中の予め定められた時期に燃焼室内に追加噴射することによって機関から排出される排気ガス温が上昇せしめられる請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項9】

上記判断手段は、機関始動後予め定められた期間が経過するまで排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断する請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

30

【請求項10】

上記予め定められた期間は第2の触媒が活性化するまでの期間である請求項9に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項11】

上記判断手段は、第2の触媒を活性化した状態に維持することができないと判断されたときに排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断する請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項12】

機関低負荷運転が予め定められた期間継続したときには第2の触媒を活性化した状態に維持することができないと判断される請求項11に記載の内燃機関の排気浄化装置。

40

【請求項13】

上記判断手段は、第2の触媒が不活性となったときに排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断する請求項1に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項14】

上記判断手段は、第2の触媒が不活性となりかつ機関回転数が予め定められた回転数以下のときに排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断する請求項13に記載の内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

【発明の属する技術分野】

本発明は内燃機関の排気浄化装置に関する。

【0002】**【従来の技術】**

機関の排気マニホールド内に第1の触媒を配置し、第1の触媒下流の機関排気通路内に第2の触媒を配置した内燃機関が公知である（特開平6-93902号公報参照）。このように排気マニホールド内に第1の触媒を配置すると機関始動後比較的早い時期に第1の触媒が活性化し、斯くして機関始動後比較的早い時期から排気ガスを浄化することができる。この場合、機関始動後更に早い時期から排気ガスを浄化するには更に早い時期に第1の触媒を活性化させることが好ましい。従ってこの内燃機関では機関始動後暫らくの間、燃料噴射時期を遅くすると共に点火時期を遅角させて排気ガス温を高め、それによってできるだけ早く第1の触媒を活性化させるようにしている。

10

【0003】**【発明が解決しようとする課題】**

ところで第1の触媒は一旦活性化すると機関運転中は活性化され続け、従って未燃HCやCOのような排気ガス中のかなりの量の還元成分は常に第1の触媒によって酸化せしめられることになる。言い換えると第2の触媒に流入する排気ガス中の還元成分はそれほど多くなる。このことは排気ガスの浄化という面から見ると一見好ましいように見える。しかしながら実際には第2の触媒が多量の還元成分を必要とする場合があり、このような場合に十分な量の還元成分を第2の触媒に送り込めないと問題を生ずる。

20

【0004】

たとえば第2の触媒は第1の触媒の下流に配置されているために第1の触媒に比べて温度が低く、従って第2の触媒は第1の触媒とは異なり一旦活性化したとしても不活性状態になりやすい。第2の触媒が不活性状態にならないようにするには第2の触媒を加熱する必要がある、第2の触媒を加熱する最も適切な方法は未燃HCやCOのような排気ガス中の還元成分を第2の触媒上において酸化せしめ、それによって第2の触媒内で酸化反応熱を発生せしめる方法である。そのためには第2の触媒に流入する排気ガス中が多量の還元成分を含んでいることが必要となる。

【0005】

従って上述の内燃機関におけるように排気ガス中の還元成分のかなりの部分が常に第1の触媒によって酸化せしめられ、それによって第2の触媒に流入する排気ガス中の還元成分がそれほど多くなると第2の触媒が不活性状態になりやすくなり、第2の触媒が不活性状態になるとかなりの量の未燃HCやCOのような還元成分が大気中に放出されることになる。即ち、第2の触媒の上流に第1の触媒を設けるとかえって大気中に排出される未燃HC、COが増大してしまうという問題を生ずる。従って第2の触媒が多量の還元成分を必要とするときには第1の触媒により酸化せしめられる還元成分の量を低減させる必要がある。

30

【0006】**【課題を解決するための手段】**

そこで本発明では、機関排気通路内に第1の触媒を配置すると共に第1の触媒下流の機関排気通路内に第2の触媒を配置し、第1の触媒として第2の触媒よりも活性化温度の高い触媒が用いられており、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であるか或いは排気ガス中の還元成分を第2の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であるかを判断する判断手段と、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときには第1の触媒における排気ガス中の還元成分の酸化割合を増大させると共に、排気ガス中の還元成分を第2の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときには第1の触媒における排気ガス中の還元成分の酸化割合を減少させる酸化割合制御手段とを具備し、酸化割合制御手段は、排気ガス中の還元成分を第1の触媒で主に酸化させるべき機関の運転状態であると判断されたときに機関排気通路内の背圧又は機関から排出される排気ガス温の少くとも一方を上昇

40

50

させるようにしている。

【 0 0 1 6 】

【 発 明 の 実 施 の 形 態 】

図 1 および図 2 は本発明を成層燃焼式内燃機関に適用した場合を示している。しかしながら本発明は均一リーン空燃比のもとで燃焼が行われる火花点火式内燃機関、および空気過剰のもとで燃焼が行われるディーゼル機関にも適用することができる。

【 0 0 1 7 】

図 1 を参照すると、1 は機関本体を示し、機関本体 1 は 1 番気筒 # 1、2 番気筒 # 2、3 番気筒 # 3 および 4 番気筒 # 4 からなる 4 つの気筒を有する。図 2 は各気筒 # 1、# 2、# 3、# 4 の側面断面図を示している。図 2 を参照すると、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 はシリンダヘッド 3 の内壁面周縁部に配置された燃料噴射弁、7 はシリンダヘッド 3 の内壁面中央部に配置された点火栓、8 は吸気弁、9 は吸気ポート、10 は排気弁、11 は排気ポートを夫々示す。

10

【 0 0 1 8 】

図 1 および図 2 を参照すると、吸気ポート 9 は対応する吸気枝管 12 を介してサージタンク 13 に連結され、サージタンク 13 は吸気ダクト 14 およびエアフローメータ 15 を介してエアクリーナ 16 に連結される。吸気ダクト 14 内にはステップモータ 17 により駆動されるスロットル弁 18 が配置される。一方、各気筒 # 1、# 2、# 3、# 4 の排気ポート 11 は夫々対応する排気マニホールド 19 の枝管 19a に連結され、各枝管 19a 内に形成された各排気枝通路内には第 1 の触媒 20 が配置される。排気マニホールド 19 は排気管 21 を介して第 2 の触媒 22 を収容した触媒コンバータ 22a に連結され、触媒コンバータ 22a には排気管 23 が連結される。排気管 23 内にはアクチュエータ 25 によって制御される排気制御弁 24 が配置される。

20

【 0 0 1 9 】

図 1 に示されるように排気マニホールド 19 とサージタンク 13 とは排気ガス再循環（以下 EGR と称す）通路 26 を介して互いに連結され、EGR 通路 26 内には電気制御式 EGR 制御弁 27 が配置される。燃料噴射弁 6 は共通の燃料リザーバ、いわゆるコモンレール 28 に連結される。このコモンレール 28 内へは燃料タンク 29 内の燃料が電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ 30 を介して供給され、コモンレール 28 内に供給された燃料が各燃料噴射弁 6 に供給される。コモンレール 28 にはコモンレール 28 内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ 31 が取付けられ、燃料圧センサ 31 の出力信号に基づいてコモンレール 28 内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ 30 の吐出量が制御される。

30

【 0 0 2 0 】

電子制御ユニット 40 はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス 41 によって互いに接続された ROM（リードオンリメモリ）42、RAM（ランダムアクセスメモリ）43、CPU（マイクロプロセッサ）44、入力ポート 45 および出力ポート 46 を具備する。エアフローメータ 15 は吸入空気量に比例した出力電圧を発生し、この出力電圧は対応する AD 変換器 47 を介して入力ポート 45 に入力される。機関本体 1 には機関冷却水温を検出するための水温センサ 32 が取付けられ、この水温センサ 32 の出力信号は対応する AD 変換器 47 を介して入力ポート 45 に入力される。更に入力ポート 45 には燃料圧センサ 31 の出力信号が対応する AD 変換器 47 を介して入力される。

40

【 0 0 2 1 】

また、排気管 21 内には排気マニホールド 19 および排気管 21 内の排気ガスの圧力、即ち背圧を検出するための圧力センサ 33 が配置され、この圧力センサ 33 の出力信号は対応する AD 変換器 47 を介して入力ポート 45 に入力される。触媒コンバータ 22a には触媒 22 の温度を検出するための温度センサ 34 が取付けられ、この温度センサ 34 の出力信号は対応する AD 変換器 47 を介して入力ポート 45 に入力される。

【 0 0 2 2 】

また、アクセルペダル 50 にはアクセルペダル 50 の踏み込み量 L に比例した出力電圧を

50

生する負荷センサ 51 が接続され、負荷センサ 51 の出力電圧は対応する A/D 変換器 47 を介して入力ポート 45 に入力される。また、入力ポート 45 にはクランクシャフトが例えば 30° 回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ 52 が接続される。一方、出力ポート 46 は対応する駆動回路 48 を介して燃料噴射弁 6、点火栓 7、スロットル弁制御用ステップモータ 17、排気制御弁制御用アクチュエータ 25、EGR 制御弁 27 および燃料ポンプ 30 に接続される。

【0023】

図 3 は燃料噴射量 Q_1 、 Q_2 、 $Q (= Q_1 + Q_2)$ 、噴射開始時期 θ_{S1} 、 θ_{S2} 、噴射完了時期 θ_{E1} 、 θ_{E2} および燃焼室 5 内における平均燃料比 A/F を示している。なお、図 3 において横軸 L はアクセルペダル 50 の踏み込み量、即ち要求負荷を示している 10

図 3 からわかるように要求負荷 L が L_1 よりも低いときには圧縮行程末期の θ_{S2} から θ_{E2} の間において燃料噴射 Q_2 が行われる。このときには平均空燃比 A/F はかなりリーンとなっている。要求負荷 L が L_1 と L_2 の間のときには吸気行程初期の θ_{S1} から θ_{E1} の間において第 1 回目の燃料噴射 Q_1 が行われ、次いで圧縮行程末期の θ_{S2} から θ_{E2} の間において第 2 回目の燃料噴射 Q_2 が行われる。このときにも空燃比 A/F はリーンとなっている。要求負荷 L が L_2 よりも大きいときには吸気行程初期の θ_{S1} から θ_{E1} の間において燃料噴射 Q_1 が行われる。このときには要求負荷 L が低い領域では平均空燃比 A/F がリーンとされており、要求負荷 L が高くなると平均空燃比 A/F が理論空燃比とされ、要求負荷 L が更に高くなると平均空燃比 A/F がリッチとされる。なお 20

、圧縮行程末期にのみ燃料噴射 Q_2 が行われる運転領域、二回に亘って燃料噴射 Q_1 および Q_2 が行われる運転領域および吸気行程初期にのみ燃料噴射 Q_1 が行われる運転領域は要求負荷 L のみにより定まるのではなく、実際には要求負荷 L および機関回転数により定まる。

【0024】

図 2 は要求負荷 L が L_1 (図 3) よりも小さいとき、即ち圧縮行程末期においてのみ燃料噴射 Q_2 が行われる場合を示している。図 2 に示されるようにピストン 4 の頂面上にはキャビティ 4a が形成されており、要求負荷 L が L_1 よりも低いときには燃料噴射弁 6 からキャビティ 4a の底壁面に向けて圧縮行程末期に燃料が噴射される。この燃料はキャビティ 4a の周壁面により案内されて点火栓 7 に向かい、それによって点火栓 7 の周りに 30

混合気 G が形成される。次いでこの混合気 G は点火栓 7 により着火せしめられる。

【0025】

一方、前述したように要求負荷 L が L_1 と L_2 の間にあるときには二回に分けて燃料噴射が行われる。この場合、吸気行程初期に行われる第 1 回目の燃料噴射 Q_1 によって燃焼室 5 内に稀薄混合気が形成される。次いで圧縮行程末期に行われる第 2 回目の燃料噴射 Q_2 によって点火栓 7 周りに最適な濃度の混合気 G が形成される。この混合気 G が点火栓 7 により着火せしめられ、この着火火炎によって稀薄混合気 G が燃焼せしめられる。

【0026】

一方、要求負荷 L が L_2 よりも大きいときには図 3 に示されるように燃焼室 5 内にはリーン又は理論空燃比又はリッチ空燃比の均一混合気 G が形成され、この均一混合気 G が点火栓 40

7 により着火せしめられる。

次に第 1 の触媒 20 の配置に関する種々の実施例について説明する。

図 4 (A) は図 1 に示されている実施例そのものを示している。

【0027】

図 4 (B) に示される実施例では点火順序が 1 - 3 - 4 - 2 とされており、図 4 (B) に示されるように点火順序が一つおきの気筒 #1、#4 の排気ポート 11 は共通の第 1 の排気マニホールド 60 に連結され、点火順序が一つおきの残りの気筒 #2、#3 の排気ポート 11 は共通の第 2 の排気マニホールド 61 に連結される。第 1 の排気マニホールド 60 の集合部、即ち一対の気筒 #1、#4 に対して共通の排気枝通路は第 1 の触媒 20 を収容した第 1 の触媒コンバータ 62 に連結され、第 2 の排気マニホールド 61 の集合部、即ち一対の気 50

筒 # 2 , # 3 に対して共通の排気枝通路は第 1 の触媒 2 0 を収容した第 2 の触媒コンバータ 6 3 に連結される。第 1 の触媒コンバータ 6 2 および第 2 の触媒コンバータ 6 3 は共通の排気管 6 4 を介して排気管 2 1 に連結される。

【 0 0 2 8 】

図 4 (C) に示される実施例では全気筒 # 1 , # 2 , # 3 , # 4 に対して共通の排気マニホールド 1 9 の出口に第 1 の触媒 2 0 を収容した触媒コンバータ 6 5 が連結され、この触媒コンバータ 6 5 は排気管 2 1 に連結される。

第 1 の触媒 2 0 としては酸化触媒又は三元触媒が用いられ、第 2 の触媒 2 2 としては酸化触媒、三元触媒又は NO_x 吸収剤が用いられる。 NO_x 吸収剤は燃焼室 5 内における平均空燃比がリーンのときに NO_x を吸収し、燃焼室 5 内における平均空燃比がリッチになると NO_x を放出する機能を有する。

10

【 0 0 2 9 】

この NO_x 吸収剤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なくとも一つと、白金 Pt のような貴金属とが担持されている。

【 0 0 3 0 】

図 5 は図 4 (A) から図 4 (C) に示される第 2 の触媒 2 2 の触媒反応活性化状態を表している。なお、図 5 において縦軸 T c は第 2 の触媒 2 2 の温度を示しており、横軸 S V は空間速度 (二単位時間当りの排気ガスの体積流量 / 触媒の体積) を示している。また、T o は第 2 の触媒 2 2 の活性化温度を示しており、曲線 K は第 2 の触媒 2 2 の触媒反応が活性化する触媒反応活性化限界を示している。即ち、触媒反応活性化限界 K よりも上方の領域 I は触媒反応が活性化する触媒反応活性化領域を示しており、触媒反応活性化限界 K よりも下方の領域 II は触媒反応が行われない触媒反応不活性領域を示している。また、R 3 0 , R 5 0 , R 9 0 は第 2 の触媒 2 2 による排気ガス中の還元成分の浄化率が夫々 3 0 % , 5 0 % , 9 0 % である場合を示している。

20

【 0 0 3 1 】

空間速度 S V が大きくなるということは第 2 の触媒 2 2 内を流れる排気ガスの流速が速くなることを意味しており、従って空間速度 S V が大きくなるほど第 2 の触媒 2 2 に対する排気ガスの接触時間が短くなる。一方、第 2 の触媒 2 2 は空間速度 S V とは無関係に活性化温度 T o に達すれば活性化する。しかしながら第 2 の触媒 2 2 が活性化温度 T o になっても空間速度 S V が大きくなると第 2 の触媒 2 2 に対する排気ガスの接触時間が短くなるために触媒反応は行われなくなる。この場合、第 2 の触媒 2 2 の温度 T c が高くなれば触媒反応が行われる。従って触媒反応活性化限界 K は図 5 に示されるようになる。

30

【 0 0 3 2 】

一方、第 2 の触媒 2 2 の温度 T c が触媒反応活性化温度限界 K に対して高くなればなるほど触媒反応は活発となり、従って第 2 の触媒 2 2 の温度 T c が高くなればなるほど排気ガス中の還元成分の浄化率が高くなる。従って排気ガス中の還元成分の各浄化率 R 3 0 , R 5 0 , R 9 0 は図 5 に示されるようになる。

ところで図 5 からわかるように排気ガス温が低い運転状態においても、即ち第 2 の触媒 2 2 の温度 T c が低いときであっても第 2 の触媒 2 2 を触媒反応活性化領域 I 内に維持しておくためには第 2 の触媒 2 2 内を流れる排気ガスの空間速度 S V を小さくしなければならず、そのためには第 2 の触媒 2 2 を大きくしなければならない。ところが第 2 の触媒 2 2 を大きくすると第 2 の触媒 2 2 をエンジンルーム内に配置するのが困難となり、斯くして第 2 の触媒 2 2 はエンジンから離れた車両本体の床下に配置せざるを得なくなる。しかしながら第 2 の触媒 2 2 をエンジンから離れた位置に配置すると第 2 の触媒 2 2 内を流れる排気ガス温が低くなり、その結果第 2 の触媒 2 2 を触媒反応活性化領域 I 内に維持するのが困難となる。

40

【 0 0 3 3 】

この場合、第 2 の触媒 2 2 を触媒反応活性化領域 I 内に維持するためには第 2 の触媒 2 2

50

の温度 T_c を上昇させる必要があり、そのための最も適切な方法は排気ガス中の還元成分を第2の触媒22において酸化せしめ、そのとき発生する酸化反応熱によって第2の触媒22を高温に保持する方法である。

一方、機関始動後暫らくの間は第2の触媒22の温度 T_c はかなり低く、このときには第2の触媒22における排気ガス中の還元成分の酸化作用は期待できない。そこで本発明による実施例では図4(A)から4(C)に示されるようにエンジンの近くに第1の触媒20を配置し、機関始動後暫らくの間はこの第1の触媒20において未燃HC、COのような排気ガス中の還元成分を酸化させるようにしている。

【0034】

しかしながら機関の運転中、第1の触媒20において排気ガス中の還元成分を酸化させ続けると第2の触媒22内に流入する排気ガス中の還元成分の量が減少し、その結果第2の触媒22において十分な酸化反応熱が発生しなくなるために第2の触媒22を触媒反応活性化領域I内に維持しておくのが困難となる。即ち、第2の触媒22が多量の還元成分を必要とするときには第1の触媒22における還元成分の酸化作用を抑制する必要がある。

【0035】

また、前述したように第2の触媒22として NO_x 吸収剤を用いた場合には NO_x 吸収剤から NO_x を放出すべきときに燃焼室5内における空燃比がリッチとされ、多量の未燃HC、CO、即ち多量の還元成分が燃焼室5から排出される。この場合、この多量の還元成分が第1の触媒20によって酸化せしめられると NO_x 吸収剤から NO_x を放出しえなくなる。即ち、この場合にも第2の触媒22が多量の還元成分を必要とするときには第1の触媒20における還元成分の酸化作用を抑制する必要がある。

【0036】

そこで本発明では、排気ガス中の還元成分を第1の触媒20で主に酸化させるべきときには第1の触媒20における排気ガス中の還元成分の酸化割合を増大させ、排気ガス中の還元成分を第2の触媒22で主に酸化させるべきときには第1の触媒20における排気ガス中の還元成分の酸化割合を減少させるようにしている。

【0037】

次にこのことについて、活性化温度 T_o が第2の触媒22とほぼ同じである第1の触媒20を用いた場合を例にとって図6および図7を参照しつつ説明する。図6において(1)は機関低負荷運転時における排気ポート11出口付近での排気ガスの流速の変化を示しており、(2)は機関高負荷運転時における排気ポート11出口付近での排気ガスの流速の変化を示している。また、図6において(3)は機関低負荷運転時における第2の触媒22内での排気ガスの流速の変化を示しており、(4)は機関高負荷運転時における第2の触媒22内での排気ガスの流速の変化を示している。

【0038】

排気弁10が開弁すると燃焼室5内から排気ポート11内に排気ガスが一気に噴出し、従って図6(1)、(2)に示されるように排気ポート11出口付近における排気ガスの流速は排気弁10が開弁する毎に一時的に高くなる。この場合、機関負荷が高くなるほど燃焼室5内の既燃ガスの圧力が高くなるので排気ポート11出口付近における排気ガスの流速は図6(2)に示される高負荷運転時のほうが図6(1)に示される低負荷運転時よりもかなり速くなる。一方、排気通路内を流れる間に排気ガスのピーク値は次第に低くなり、また各排気ポート11から流出した排気ガスは互いに合流して第2の触媒22内に流入するので第2の触媒22内における排気ガスの流速は図6(3)、(4)に示されるようになる。

【0039】

一方、図6(3)、(4)においてKは図5に示される触媒反応活性化限界を示している。排気ガスの流速がこの触媒反応活性化限界Kよりも高くなると図5に示される触媒反応不活性領域IIとなり、従って第2の触媒22における排気ガス中の還元成分の酸化作用が中断される。図6(3)、(4)では排気ガスの流速は常に触媒反応活性化限界Kよりも低く、従って常に排気ガス中の還元成分の酸化作用が行われている。本発明では暖機が

10

20

30

40

50

完了すると通常、触媒反応活性化限界Kは図6(3), (4)に示されるような位置となる。

【0040】

一方、第2の触媒22と寸法および構造が全く同一の触媒を第1の触媒20として用い、この第1の触媒20を図4(A)に示す実施例と同じ様に夫々排気マニホールド19の各枝管内に配置したとすると、この場合には各第1の触媒20に対する触媒反応活性化限界Kが図6(1), (2)に示されるようになる。即ち、この場合には第1の触媒20の方が第2の触媒22よりもはるかに高温となるので触媒反応活性化限界Kは図6(3)に示す場合に比べて図6(1)に示す場合の方が高くなり、図6(4)に示す場合に比べて図6(2)に示す場合の方が高くなる。

10

【0041】

本発明による実施例では図4(A)に示されるように第1の触媒20の体積を第2の触媒22の体積よりもかなり小さくすることによって図6(1), (2)に示されるように触媒反応活性化限界Kを ΔK , $\Delta K'$ だけ大巾に低下させるようにしている。即ち、第1の触媒20の体積を小さくすると第1の触媒20に対する排気ガスの接触時間が短くなる。第1の触媒20に対する排気ガスの接触時間が短くなると排気ガスの流速が遅くならなければ第1の触媒20における触媒反応が行われず、斯くして第1の触媒20の体積を小さくすると図6(1), (2)に示されるように触媒反応活性化限界Kが低下することになる。

【0042】

図7(1)および(2)に示す実線は第1の触媒20の体積を第2の触媒22の体積よりもかなり小さくした場合の図6(1)および(2)の拡大図を夫々示している。この場合には前述したように触媒反応活性化限界Kが低下する。また、図7(1)および(2)には排気ガス中の還元成分の浄化率が50%となるラインも示されている。

20

【0043】

図7(1), (2)において排気ガスの流速が触媒反応活性化限界Kを越えたときには排気ガス中の還元成分の酸化作用は行われず、従ってこのときには排気ガス中の還元成分は第1の触媒20を素通りする。一方、排気ガスの流速が触媒反応活性化限界Kよりも低くなると排気ガス中の還元成分の酸化作用が行われる。ただしこの場合、排気ガスの流速が低くなるほど排気ガス中の還元成分の酸化作用が促進され、従って排気ガスの流速が低くなるほど排気ガス中の還元成分の浄化率が高くなる。

30

【0044】

このように第2の触媒22に比べてかなり体積の小さな第1の触媒20を図4(A)に示されるように排気マニホールド19の各枝管内に配置するとかなりの量の排気ガス中の還元成分が第1の触媒20を素通りし、従ってかなりの量の排気ガス中の還元成分が第2の触媒22内に送り込まれることになる。なお、図7(1)および(2)を比較するとわかるように図7(2)に示される機関高負荷運転時の方が図7(1)に示される機関低負荷運転時に比べて第1の触媒20を素通りする還元成分の量が増大する。

【0045】

一方、本発明による第1実施例では第1の触媒20による排気ガス中の還元成分の浄化率を高くすべきときには排気制御弁24がほぼ全閉せしめられる。具体的に云うと本発明による実施例ではこのとき排気制御弁24によって排気管23の流路面積のほぼ95%が閉鎖され、このとき排気マニホールド19内および排気管21内の圧力、即ち背圧はほぼ80KPaとなる。即ち、このとき背圧は大気圧のほぼ2倍となる。

40

【0046】

このように背圧が大気圧のほぼ2倍になると燃焼室5内から排気ポート11内への排気ガスの流出速度が低下する。また背圧が大気圧のほぼ2倍になると排気ガスの密度が高くなり、従って排気通路内を流れる排気ガスの流速も低下する。即ち、このときには第1の触媒20を通過する排気ガスの流速は図7(1)において破線で示されるように常に触媒反応活性化限界Kよりも低くなる。従ってこのときには排気ガス中の還元成分の大部分が第

50

1の触媒20において酸化せしめられ、少量の還元成分が第1の触媒20を通り過ぎて第2の触媒22内に流入する。

このように排気制御弁24を全開にすると図7(1)において実線で示されるように排気ガスの流速が速くなり、排気ガス中に含まれるかなりの量の還元成分が第1の触媒20を素通りして第2の触媒22内に送り込まれ、排気制御弁24をほぼ全閉せしめると図7(1)において破線で示されるように排気ガス中に含まれる大部分の還元成分が第1の触媒20において酸化せしめられる。

【0047】

ところで機関の運転が開始されてから暫らくの期間は通常、低負荷運転が行われ、このとき第2の触媒22の温度は低くなっている。従ってこのときには第2の触媒22による排気ガス中の還元成分の酸化作用、即ち未燃HC、COの浄化作用はほとんど期待できない。従って第1実施例においては機関の運転が開始されてから第2の触媒22が活性化するまでの間において低負荷運転が行われたときには排気制御弁24がほぼ全閉せしめられる。このとき第1の触媒20内を流れる排気ガスの流速は図7において破線で示されるように遅くなり、斯くして排気ガス中に含まれるかなりの量の未燃HC、COが第1の触媒20において浄化せしめられる。

【0048】

次いで第2の触媒22が活性化すると排気制御弁24は全開せしめられる。このときには図7(1)、(2)の実線からわかるように排気ガス中に含まれるかなりの量の未燃HC、COが第1の触媒20を素通りして第2の触媒22内に流入する。その結果、第2の触媒22において多量の未燃HC、COが酸化せしめられるために第2の触媒22内において多量の酸化反応熱が発生し、斯くして第2の触媒22は触媒反応活性化状態に保持される。図5において鎖線で囲まれた領域Mは、本発明による第1実施例において第2の触媒22が通常とりうる範囲、即ち第2の触媒22の使用領域を示している。

【0049】

このように本発明による第1実施例では第2の触媒22が一旦活性化すると第2の触媒22は通常領域M内に、即ち触媒反応活性化領域I内に保持される。しかしながら減速運転が行われたり、或いは低負荷運転が一定時間以上継続したり、或いはその他の理由によって第2の触媒22が触媒反応不活性領域IIとなる場合がある。本発明による実施例ではこのような場合には排気制御弁24をほぼ全閉し、第2の触媒22が再び触媒反応活性化領域Iとなるまで第1の触媒20によって排気ガス中の未燃成分HC、COを酸化せしめるようにしている。

【0050】

次に図8を参照しつつ本発明による第2実施例について説明する。図8において T_o 、K、Mは図5に示される T_o 、K、Mと同じであって夫々第2の触媒22の活性化温度、触媒反応活性化限界および通常の使用領域を示している。これに対し図8において RT_o 、RKおよびNは図4(A)、(B)、(C)に示される第1の触媒20の活性化温度、触媒反応活性化限界および使用領域を夫々示している。また、図8においてRR30、RR50およびRR90は第1の触媒20による排気ガス中の還元成分の浄化率が夫々30%、50%、90%である場合を示している。

【0051】

即ち、図8からわかるように本発明による第2実施例では第1の触媒20として第2の触媒22よりも高い活性化温度 RT_o を有する触媒が用いられている。図8に示されるようにこの第1の触媒20の触媒反応活性化限界RKにおける第1の触媒20の温度 T_c も第1の触媒20内を流れる排気ガスの空間速度SVが増大するほど高くなる。また、この第2実施例では第1の触媒20の触媒反応活性化限界RKが図8において第2の触媒22の通常使用領域Mよりも触媒温 T_c については高温側であり空間速度SVについては低空間速度側に位置するように定められている。

【0052】

この第2実施例においては第1の触媒20において主に排気ガス中の還元成分を酸化すべ

10

20

30

40

50

きときには第1の触媒20が図8に示す使用領域N内となるように第1の触媒20内を流れる排気ガスの空間速度SVが低くされかつ第1の触媒20の温度Tcが上昇せしめられる。具体的な一例を挙げると空間速度SVの低い機関低負荷運転時において燃焼室5内に副燃料が追加噴射され、それにより燃焼室5から排出される排気ガス温を上昇させて第1の触媒20を図8に示す使用領域N内に保持するようにしている。

【0053】

このように副燃料を追加噴射することによって第1の触媒20の温度Tcを上昇させる場合には図9に示されるように機関出力を発生させるための主燃料Qmの噴射に加え、膨張行程中に、図9に示される例では圧縮上死点後(ATDC)60°付近において副燃料Qaが追加噴射される。なおこの場合、主燃料Qmの燃焼後、副燃料Qaを完全に燃焼せしめるのに十分な酸素が燃焼室5内に残存するように主燃料Qmは空気過剰のもとで燃焼せしめられる。このように副燃料Qaを燃焼室5内で燃焼せしめると主燃料Qm自身および副燃料Qa自身の燃焼による発熱に加え、主燃料Qmの燃え残りである未燃HCの燃焼熱が追加的に発生するので燃焼室5内の既燃ガス温はかなり高くなる。その結果、燃焼室5から排出される排気ガスが高くなり、斯くして第1の触媒20は触媒反応活性化領域I内に保持されることになる。

【0054】

なお、図2に示される成層燃焼式内燃機関において噴射された副燃料Qaが燃焼室5において良好に燃焼せしめられる噴射時期は図9において矢印Zで示される圧縮上死点後(ATDC)ほぼ50°からほぼ90°の膨張行程であり、従って図2に示される成層燃焼式内燃機関においては副燃料Qaを圧縮上死点後(ATDC)ほぼ50°からほぼ90°の膨張行程において噴射する必要がある。

【0055】

また、燃焼室5内から排出される排気ガス温を上昇させる方法としては副燃料を追加噴射する以外にも種々の方法が存在し、例えば主噴射の噴射時期を大巾に遅らせたり、或いは吸気弁8又は排気弁10の開閉弁時期を変化させることによって排気ガス温を上昇させることができる。

一方、この第2実施例では主に第2の触媒22において排気ガス中の還元成分を酸化せしめる場合には排気ガス温の昇温作用、前述した具体例では副燃料の追加噴射作用が停止される。排気ガスの昇温作用が停止されると第1の触媒20は図8において触媒反応不活性限界RKよりも下方の領域となるために第1の触媒20における排気ガス中の還元成分の酸化作用は行われなくなる。従ってこのときには排気ガス中の還元成分は第1の触媒20を素通りして第2の触媒22において酸化せしめられる。斯くして第2の触媒22を触媒反応活性化領域'I内に保持することができる。

【0056】

なお、この第2実施例においても機関始動後第2の触媒22が活性化するまでの期間、および第2の触媒22が活性化した後に第2の触媒22が触媒反応不活性領域IIになったときに排気ガスの昇温作用が行われる。

一方、この第2実施例では排気ガス温の上昇作用を行うことなく、排気制御弁24をほぼ全閉にすることによっても第1の触媒20を図8に示す使用領域Nに保持することができる。即ち、排気制御弁24がほぼ全閉せしめられると第1の触媒20内を流れる排気ガスの空間速度SVは低くなる。また、排気制御弁24がほぼ全閉にされて背圧が高くなると燃焼室5内から排気ポート11内に排気ガスが排出されたときに排気ガス圧がさほど低下せず、従って排気ガス温もさほど低下しない。斯くして排気ガス温が上昇し、その結果第1の触媒20は使用領域N内に維持されることになる。

【0057】

なお、副燃料を追加噴射することにより、或いは排気制御弁24をほぼ全閉にすることにより排気ガス温を上昇させた場合に排気ガス温が使用領域N内の触媒温度Tcまで上昇しなくても第1の触媒20の温度Tcが触媒反応活性化限界RKよりも高くなりさえすれば第1の触媒20を使用領域N内に保持することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

即ち、第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c が触媒反応活性化限界 R_K よりも高くなれば第 1 の触媒 2 0 において排気ガス中の還元成分の酸化作用が行われる。酸化作用が行われると酸化反応熱によって第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c が上昇し、第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c が上昇すれば酸化反応は更に激しくなる。その結果、第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c が更に上昇し、最終的には第 1 の触媒 2 0 は使用領域 N に保持されることになる。

【 0 0 5 9 】

活性化温度の高い触媒としては種々の触媒が存在しており、従ってこれら触媒を第 1 の触媒 2 0 として用いることができる。この場合、第 2 の触媒 2 2 を活性化温度が高くなるように改変して改変された第 2 の触媒 2 2 を第 1 の触媒 2 0 として用いることもできる。例えば第 1 の触媒 2 0 に担持されている金属触媒の担持量を第 2 の触媒 2 2 に比べて低下させれば第 1 の触媒 2 0 の活性は第 2 の触媒 2 2 の活性よりも低くなり、斯くして第 1 の触媒 2 0 の活性化温度は第 2 の触媒 2 0 に比べて高くなる。

10

【 0 0 6 0 】

一方、金属担持量が同一であっても第 1 の触媒 2 0 に担持されている金属触媒の粒径を大きくすると第 1 の触媒 2 0 の活性は第 2 の触媒 2 2 の活性よりも低くなり、斯くしてこの場合でも第 1 の触媒 2 0 の活性化温度は第 2 の触媒 2 0 に比べて高くなる。また、第 2 の触媒 2 0 が軸線方向に延びる多数のセルを見えたハニカム構造を有する場合には単位断面積内における第 1 の触媒 2 0 のセルの数を第 2 の触媒 2 2 に比べて減少させると排気ガス中の還元成分が金属触媒に接触する機会が減少する。その結果、第 1 の触媒 2 0 の活性は第 2 の触媒 2 2 の活性よりも低くなり、斯くして第 1 の触媒 2 0 の活性化温度は第 2 の触媒 2 0 に比べて高くなる。

20

【 0 0 6 1 】

また、排気マニホールド 1 9 の内壁面上に触媒層を形成し、この触媒層により第 1 の触媒 2 0 を構成することができる。このように排気マニホールド 1 9 の内壁面上に触媒層を形成すると排気ガス中の還元成分が金属触媒に接触する機会が減少する。その結果、第 1 の触媒 2 0 の活性は第 2 の触媒 2 2 の活性よりも低くなり、斯くして第 1 の触媒 2 0 の活性化温度は第 2 の触媒 2 0 に比べて高くなる。

【 0 0 6 2 】

また、通常金属触媒の担体として用いられているアルミナやペロブスカイト等の担体の温度が高くなると、たとえ金属触媒を担持していなくても触媒の機能を果すようになる。従って第 1 の触媒 2 0 として金属触媒を担持していないアルミナやペロブスカイト等の担体を用いることができる。

30

上述したように第 1 の触媒 2 0 の活性化温度を第 2 の触媒 2 2 の活性化温度よりも高くした場合において主に第 1 の触媒 2 0 により排気ガス中の還元成分を酸化せしめるときには第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c を触媒反応活性化限界 R_K 以上に上昇させる必要がある。この場合、本発明による実施例では排気ガスによって第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c を上昇させるようにしており、従って第 1 の触媒 2 0 の温度 T_c を上昇させるためには第 1 の触媒 2 0 をできるだけ温度の高い排気ガスと接触させることが好ましいことになる。排気通路内の排気ガス温は下流に行くほど低くなり、従って触媒温度 T_c を上昇させるという点からみると図 4 (A) から (C) に示される実施例のうちで最も好ましいのは図 4 (A) に示すように排気マニホールド 1 9 の各枝管内に夫々第 1 の触媒 2 0 を配置したものである。

40

【 0 0 6 3 】

これまで述べたように第 1 の触媒 2 0 において主に排気ガス中の還元成分を酸化せしめる場合には排気制御弁 2 4 がほぼ全閉せしめられるか、又は副燃料の追加噴射等により排気ガス温が上昇せしめられる。この場合、無論のこと排気制御弁 2 4 をほぼ全閉せしめると共に副燃料を追加噴射してもよい。ところがこのように排気制御弁 2 4 をほぼ全閉せしめると共に副燃料を追加噴射すると大気中に排出される未燃 HC の量を大巾に低減することができる。

【 0 0 6 4 】

50

次にこのようにして大気中に排出される未燃HCを低減するようにした実施例について図10を参照しつつ説明する。なお、図10において横軸はクランク角を示しており、BTDCおよびATDCは夫々上死点前および上死点後を示している。

図10(A)は主に第2の触媒22において排気ガス中の還元成分が酸化せしめられる場合であって要求負荷 L が L_1 よりも小さいときの燃料噴射時期を示している。図10(A)に示されるようにこのときには圧縮行程末期に主燃料 Q_m のみが噴射され、このとき排気制御弁24は全開状態に保持されている。

【0065】

一方、図10(B)は主に第1の触媒20において排気ガス中の還元成分を酸化せしめる場合を示しており、この場合には排気制御弁24がほぼ全閉せしめられ、かつ機関出力を発生させるための主燃料 Q_m の噴射に加え、膨張行程中に、図10(B)に示される例では圧縮上死点後(ATDC)60°付近において副燃料 Q_a が追加噴射される。なおこの場合、主燃料 Q_m の燃焼後、副燃料 Q_a を完全に燃焼せしめるのに十分な酸素が燃焼室5内に残存するように主燃料 Q_m は空気過剰のもとで燃焼せしめられる。また、図10(A)と図10(B)とは機関負荷と機関回転数が同一であるときの燃料噴射期間を示しており、従って機関負荷と機関回転数が同一である場合には図10(B)に示される場合の主燃料 Q_m の噴射量の方が図10(A)に示される場合の主燃料 Q_m の噴射量に比べて若干増量せしめられている。

【0066】

図11は第2の触媒22が活性化していないときの機関排気通路の各位置における排気ガス中の未燃HCの濃度(ppm)の一例を示している。図11に示す例において黒三角は排気制御弁24を全開にした状態で図10(A)に示す如く圧縮行程末期において主燃料 Q_m を噴射した場合の排気ポート11出口における排気ガス中の未燃HCの濃度(ppm)を示している。この場合には排気ポート11出口における排気ガス中の未燃HCの濃度は6000ppm以上の極めて高い値となる。

【0067】

一方、図11に示す例において黒丸および実線は排気制御弁24をほぼ全閉とし、図10(B)に示されるように主燃料 Q_m および副燃料 Q_a を噴射した場合の排気ガス中の未燃HCの濃度(ppm)を示している。この場合には排気ポート11出口における排気ガス中の未燃HCの濃度は2000ppm以下となり、排気制御弁24の付近においては排気ガス中の未燃HCの濃度は50ppm以下まで減少する。従ってこの場合には大気中に排出される未燃HCの量が大幅に低減せしめられることがわかる。

【0068】

このように排気制御弁24上流の排気通路内において未燃HCが減少するのは第1の触媒20において未燃HCが酸化せしめられることに加え、第1の触媒20下流の排気通路内において未燃HCの酸化反応が促進されているからである。しかしながら図11の黒三角で示されるように排気ポート11出口における未燃HCの量が多い場合、即ち燃焼室5内の未燃HCの発生量が多い場合にはたとえ第1の触媒20において未燃HCが酸化せしめられても大気中に放出される未燃HCの量は50(ppm)以下にはならない。即ち、第1の触媒20において未燃HCを酸化させかつ第1の触媒20下流での未燃HCの酸化反応を促進することによって大気中に排出される未燃HCの量を大幅に低減しうるのは図11の黒丸で示されるように排気ポート11出口における未燃HCの濃度が低いとき、即ち燃焼室5内の未燃HCの発生量が少ないときである。

【0069】

このように大気中に排出される未燃HCの量を低減させるためには燃焼室5内の未燃HCの発生量を低下させかつ排気通路内における未燃HCの酸化反応を促進させるという二つの要求を同時に満たす必要がある。そこでまず初めに2番目の要求、即ち排気通路内における未燃HCの酸化反応を促進させることから説明する。

【0070】

排気制御弁24がほぼ全閉せしめられると背圧が高くなる。背圧が高くなるということは

10

20

30

40

50

燃焼室 5 内から排気ポート 1 1 内に排気ガスが排出されたときに排気ガスの圧力がさほど低下せず、従って燃焼室 5 から排出された排気ガス温もさほど低下しないことを意味している。従って排気ポート 1 1 内に排出された排気ガス温はかなり高温に維持されている。一方、背圧が高いということは排気ガスの密度が高いことを意味しており、排気ガスの密度が高いということは排気ポート 1 1 から排気制御弁 2 4 に至る排気通路内における排気ガスの流速が遅いことを意味している。従って排気ポート 1 1 内に排出された排気ガスは高温のもとで長時間に亘り排気制御弁 2 4 上流の排気通路内に滞留することになる。

【 0 0 7 1 】

このように排気ガスが高温のもとで長時間に亘り排気制御弁 2 4 上流の排気通路内に滞留せしめられるとその間に第 1 の触媒 2 0 において未燃 H C の酸化反応が促進され、更に第 1 の触媒 2 0 下流の排気通路内における未燃 H C の酸化反応が促進される。この場合、本発明者による実験によると特に第 1 の触媒 2 0 下流の排気通路内における未燃 H C の酸化反応を促進するためには排気ポート 1 1 出口における排気ガス温をほぼ 7 5 0 以上、好ましくは 8 0 0 以上にすることが必要であることが判明している。

10

【 0 0 7 2 】

また、高温の排気ガスが排気制御弁 2 4 上流の排気通路内に滞留している時間が長くなればなるほど未燃 H C の低減量は増大する。この滞留時間は排気制御弁 2 4 の位置が排気ポート 1 1 出口から離れれば離れるほど長くなり、従って排気制御弁 2 4 は排気ポート 1 1 出口から未燃 H C を十分に低減するのに必要な距離を隔てて配置する必要がある。排気制御弁 2 4 を排気ポート 1 1 出口から未燃 H C を十分に低減するのに必要な距離を隔てて配置すると図 1 1 の実線に示されるように未燃 H C の濃度は大巾に低減する。なお、本発明者による実験によると未燃 H C を十分に低減するためには排気ポート 1 1 出口から排気制御弁 2 4 までの距離を 1 メートル以上とすることが好ましいことが判明している。

20

【 0 0 7 3 】

ところで前述したように第 1 の触媒 2 0 下流の排気通路内における未燃 H C の酸化反応を促進するためには排気ポート 1 1 出口における排気ガス温をほぼ 7 5 0 以上、好ましくは 8 0 0 以上にすることが必要である。また、大気中に排出される未燃 H C の量を低減するためには前述した 1 番目の要求を満たさなければならない。即ち燃焼室 5 内での未燃 H C の発生量を低下させる必要がある。そのためにこの実施例では機関出力を発生するための主燃料 Q m に加え、主燃料 Q m の噴射後に副燃料 Q a を追加噴射して副燃料 Q a を燃焼室 5 内で燃焼せしめるようにしている。

30

【 0 0 7 4 】

即ち、副燃料 Q a を燃焼室 5 内で燃焼せしめると副燃料 Q a の燃焼時に主燃料 Q m の燃え残りである多量の未燃 H C が燃焼せしめられる。また、この副燃料 Q a は高温ガス中に噴射されるので副燃料 Q a は良好に燃焼せしめられ、従って副燃料 Q a の燃え残りである未燃 H C はさほど発生しなくなる。斯くして最終的に燃焼室 5 内で発生する未燃 H C の量はかなり少なくなる。

【 0 0 7 5 】

また、副燃料 Q a を燃焼室 5 内で燃焼せしめると前述したように主燃料 Q m 自身および副燃料 Q a 自身の燃焼による発熱に加え、主燃料 Q m の燃え残りである未燃 H C の燃焼熱が追加的に発生するので燃焼室 5 内の既燃ガス温はかなり高くなる。このように主燃料 Q m に加え副燃料 Q a を追加噴射して副燃料 Q a を燃焼させることにより燃焼室 5 内で発生する未燃 H C の量を低減しかつ排気ポート 1 1 出口における排気ガス温を 7 5 0 以上、好ましくは 8 0 0 以上にすることができる。

40

【 0 0 7 6 】

このようにこの実施例では副燃料 Q a を燃焼室 5 内で燃焼せしめる必要があり、そのためには副燃料 Q a の燃焼時に燃焼室 5 内に十分な酸素が残存していることが必要であり、しかも噴射された副燃料 Q a が燃焼室 5 内で良好に燃焼せしめられる時期に副燃料 Q a を噴射する必要がある。

そこでこの実施例では副燃料 Q a の燃焼時に燃焼室 5 内に十分な酸素が残存しうるように

50

主燃料 Q_m は空気過剰のもとで燃焼せしめられる。また、図 2 に示される成層燃焼式内燃機関において噴射された副燃料 Q_a が燃焼室 5 において良好に燃焼せしめられる噴射時期は前述したように図 10 において矢印 Z で示される圧縮上死点後 (ATDC) ほぼ 50° からほぼ 90° の膨張行程であり、従って図 2 に示される成層燃焼式内燃機関においては副燃料 Q_a は圧縮上死点後 (ATDC) ほぼ 50° からほぼ 90° の膨張行程において噴射される。なお、圧縮上死点後 (ATDC) ほぼ 50° からほぼ 90° の膨張行程において噴射された副燃料 Q_a は機関の出力の発生には寄与しない。

【0077】

ところで本発明者による実験によると図 2 に示される成層燃焼式内燃機関では副燃料 Q_a が圧縮上死点後 (ATDC) 60° 付近において噴射されたときに大気中に排出される未燃 HC の量は最も少なくなる。従ってこの実施例では図 10 (B) に示されるように副燃料 Q_a の噴射時期はほぼ圧縮上死点後 (ATDC) 60° 付近とされる。

10

【0078】

副燃料 Q_a の最適な噴射時期は機関の型式によって異なり、例えばディーゼル機関では副燃料 Q_a の最適な噴射時期は膨張行程中か又は排気行程中となる。従って本発明では副燃料 Q_a の燃料噴射は膨張行程中又は排気行程中に行われる。一方、燃焼室 5 内の既燃ガス温は主燃料 Q_m の燃焼熱と副燃料 Q_a の燃焼熱の双方の影響を受ける。即ち、燃焼室 5 内の既燃ガス温は主燃料 Q_m の噴射量が増大するほど高くなり、副燃料 Q_a の噴射量が増大するほど高くなる。更に、燃焼室 5 内の既燃ガス温は背圧の影響を受ける。即ち、背圧が高くなるほど燃焼室 5 から既燃ガスが流出しにくくなるために燃焼室 5 内に残留する既燃ガス量が多くなり、斯くして排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられると燃焼室 5 内の既燃ガス温が上昇せしめられる。

20

【0079】

ところで排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられ、それによって背圧が高くなると機関の発生トルクが最適な要求発生トルクに対して減少する。そこでこの実施例では図 10 (B) に示されるように排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられたときには図 10 (A) に示されるように同一の機関運転状態のもとで排気制御弁 24 が全開せしめられた場合の機関の要求発生トルクに近づくように同一の機関運転状態のもとで排気制御弁 24 が全開せしめられた場合に比べて主燃料 Q_m の噴射量を増量せしめられる。なお、この実施例では排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられたときにはそのときの機関の発生トルクが同一の機関運転状態のもとで排気制御弁 24 が全開せしめられた場合の機関の要求発生トルクに一致するように主燃料 Q_m が増量される。

30

【0080】

図 12 は要求負荷 L に対して機関の要求発生トルクを得るのに必要な主燃料 Q_m の変化を示している。なお、図 12 において実線は排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられた場合を示しており、破線は排気制御弁 24 が全開せしめられた場合を示している。

一方、図 13 は排気制御弁 24 をほぼ全閉せしめた場合において排気ポート 11 出口における排気ガス温をほぼ 750° からほぼ 800° にするのに必要な主燃料 Q_m と副燃料 Q_a の関係を示している。前述したように主燃料 Q_m を増量しても燃焼室 5 内の既燃ガス温は高くなり、副燃料 Q_a を増量しても燃焼室 5 内の既燃ガス温は高くなる。従って排気ポート 11 出口における排気ガス温をほぼ 750° からほぼ 800° にするのに必要な主燃料 Q_m と副燃料 Q_a との関係は図 13 に示されるように主燃料 Q_m を増大すれば副燃料 Q_a は減少し、主燃料 Q_m を減少すれば副燃料 Q_a は増大する関係となる。

40

【0081】

ただし、主燃料 Q_m および副燃料 Q_a を同一量増大した場合には副燃料 Q_a を増量した場合の方が主燃料 Q_m を増量した場合に比べて燃焼室 5 内の温度上昇量のはるかに大きくなる。従って燃料消費量の低減という観点からなると副燃料 Q_a を増大させることによって燃焼室 5 内の既燃ガス温を上昇させることが好ましいと言える。

【0082】

従ってこの実施例では排気制御弁 24 をほぼ全閉せしめたときに機関の発生トルクを要求

50

発生トルクまで上昇させるのに必要な分だけ主燃料 Q_m を増量し、主として副燃料 Q_a の燃焼熱によって燃焼室 5 内の既燃ガス温を上昇させるようにしている。

このように排気制御弁 24 をほぼ全閉せしめ、排気ポート 11 出口における排気ガスをほぼ 750 以上、好ましくはほぼ 800 以上とするのに必要な量の副燃料 Q_a を噴射すると排気ポート 11 から排気制御弁 24 に至る排気通路内において未燃 HC の濃度を大巾に減少することができる。このとき排気ポート 11 から排気制御弁 24 に至る排気通路内において図 11 に示されるように未燃 HC の濃度を 500 p.p.m. 以下まで低下させるには排気制御弁 24 上流の排気通路内の圧力をケージ圧でもってほぼ 80 KPa 以上にする必要がある。このときの排気制御弁 24 による排気通路断面積の閉鎖割合はほぼ 95 パーセント以上である。従ってこの実施例では大気中への未燃ガスの排出量を大巾に低減すべきときには背圧がほぼ 80 KPa となるように圧力センサ 33 の出力信号に基づいて排気制御弁 24 の開度がフィードバック制御される。

【0083】

この実施例では機関始動後第 2 の触媒 22 が活性化するまでの間、および第 2 の触媒 22 が一旦活性化した後例えば低負荷運転が一定時間以上継続して第 2 の触媒 22 が不活性状態となったときに排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられ、副燃料 Q_a が追加噴射される。図 14 は機関始動後第 2 の触媒 22 が活性化するまでの間における主燃料 Q_m の変化の一例および排気制御弁 24 の開度を示している。なお、図 14 において実線 X は排気制御弁 24 をほぼ全閉にした場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量を示しており、破線 Y は排気制御弁 24 を全開にした場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量を示している。図 14 からわかるように機関始動および暖機運転時には排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられ、同一の機関運転状態のもとで排気制御弁 24 が全開せしめられた場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量 Y よりも主燃料 Q_m の噴射量 X が増量せしめられ、更に副燃料 Q_a が追加噴射される。

【0084】

図 15 は機関低負荷時における主燃料 Q_m の変化の一例および排気制御弁 24 の開度を示している。なお、図 15 において実線 X は排気制御弁 24 をほぼ全閉にした場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量を示しており、破線 Y は排気制御弁 24 を全開にした場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量を示している。図 15 からわかるように機関低負荷運転が一定時間 t_0 以上継続すると排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられ、同一の機関運転状態のもとで排気制御弁 24 が全開せしめられた場合の最適な主燃料 Q_m の噴射量 Y よりも主燃料 Q_m の噴射量 X が増量せしめられ、更に副燃料 Q_a が追加噴射される。

【0085】

前述したように本発明による実施例では主に第 1 の触媒 20 において排気ガス中の還元成分を酸化すべきときには排気制御弁 24 がほぼ閉せしめられるか、又は副燃料の追加噴射等により排気ガスが上昇せしめられるか、又は排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられかつ副燃料の追加噴射等により排気ガス温が上昇せしめられる。図 16 は代表例として、第 1 の触媒 20 およびその下流において排気ガス中の還元成分を酸化すべきときに排気制御弁 24 をほぼ全閉としかつ副燃料を追加噴射するようにした場合の運転制御ルーチンを示している。

【0086】

図 16 を参照するとまず初めにステップ 100 において第 2 の触媒 22 が活性化したことを示す暖機完了フラグがセットされているか否かが判別される。暖機完了フラグがセットされていないとき、即ち第 2 の触媒 22 が活性化していないときにはステップ 101 に進んで排気制御弁 24 がほぼ全閉せしめられる。このとき排気制御弁 24 の開度は圧力センサ 33 の出力信号に基づいて背圧が 80 KPa となるようにフィードバック制御される。次いでステップ 102 では主燃料 Q_m の噴射量が図 14 に示される X となるように制御される。次いでステップ 103 では副燃料 Q_a の噴射制御が行われる。次いでステップ 104 では温度センサ 34 の出力信号に基づいて第 2 の触媒 22 の温度 T_c が活性化温度 T_2 、例えば 250 を越えたか否かが判別され、 $T_c > T_2$ となったときにはステップ 105 に進んで暖機完了フラグがセットされる。

【 0 0 8 7 】

暖機完了フラグがセットされると、即ち第2の触媒22が活性化するとステップ100からステップ106に進んで第1の触媒22を昇温すべきときにセットされる昇温フラグがセットされているか否かが判別される。昇温フラグがセットされていないときにはステップ107に進んで機関負荷が予め定められた負荷以下である低負荷運転状態となつてからの経過時間 t_i が予め定められた一定時間 t_o 、例えば120秒を越えたか否かが判別される。 $t_i > t_o$ になったときには第2の触媒22が不活性状態になったと判断され、このときにはステップ109に進んで昇温フラグがセットされる。次いでステップ112に進む。

【 0 0 8 8 】

10

これに対して低負荷運転時でないとき、又は低負荷運転時であっても $t_i < t_o$ のときにはステップ108に進んで第2の触媒22の温度 T_c が触媒の活性を失なう不活性温度 T_1 、例えば200よりも低くかつ機関回転数 N が予め定められた回転数 N_1 、例えば900 r.p.m.よりも低いかが否かが判別される。 $t_c < T_1$ 又は $N < N_1$ のときにはステップ112にジャンプし、 $t_c < T_1$ でかつ $N < N_1$ になるとステップ109に進んで昇温フラグがセットされる。次いでステップ112に進む。

【 0 0 8 9 】

昇温フラグがセットされるとステップ106からステップ110に進んで第2の触媒22の温度 T_c が活性化温度 T_2 、例えば250以上になったか又は機関回転数 N が予め定められた回転数 N_2 、例えば1000 r.p.m.以上になったか否かが判別される。 $T_c > T_2$ でかつ $N > N_2$ のときにはステップ112にジャンプする。これに対して $T_c > T_2$ 又は $N > N_2$ になるとステップ111に進んで昇温フラグがリセットされ、次いでステップ112に進む。

20

【 0 0 9 0 】

ステップ112では昇温フラグがセットされているか否かが判別される。昇温フラグがセットされていないときにはステップ113に進んで排気制御弁24が全開せしめられ、次いでステップ114に進んで主燃料 Q_m の噴射制御が行われる。このとき副燃料 Q_a の噴射は行われない。これに対し昇温フラグがセットされているときにはステップ115に進んで排気制御弁24がほぼ全閉せしめられる。このとき排気制御弁24の開度は圧力センサ33の出力信号に基づいて背圧が80 KPaとなるようにフィードバック制御される。次いでステップ116では主燃料 Q_m の噴射量が図15に示される X となるように制御される。次いでステップ117では副燃料 Q_a の噴射制御が行われる。

30

【 0 0 9 1 】

【 発 明 の 効 果 】

第1の触媒において排気ガス中の多量の還元成分を酸化すべきときには多量の還元成分を第1の触媒において酸化せしめることができ、第2の触媒が多量の還元成分を必要とするときは第1の触媒により酸化せしめられる還元成分を低減することにより第2の触媒に必要な量の還元成分を送り込むことができる。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 図 1 】 内燃機関の全体図である。

40

【 図 2 】 燃焼室の側面断面図である。

【 図 3 】 噴射量、噴射時期および空燃比を示す図である。

【 図 4 】 第1の触媒の配置に関する種々の実施例を示す図である。

【 図 5 】 触媒反応活性化領域を示す図である。

【 図 6 】 排気ガスの流速変化を示す図である。

【 図 7 】 排気ガスの流速変化を示す図である。

【 図 8 】 触媒反応活性化領域を示す図である。

【 図 9 】 噴射時期を示す図である。

【 図 10 】 噴射時期を示す図である。

【 図 11 】 未燃HCの濃度を示す図である。

50

【図 1 2】主燃料の噴射量を示す図である。

【図 1 3】主燃料の噴射量と副燃料の噴射量との関係を示す図である。

【図 1 4】主燃料の噴射量と排気制御弁の開度を示す図である。

【図 1 5】主燃料の噴射量と排気制御弁の開度を示す図である。

【図 1 6】運転制御を行うためのフローチャートである。

【符号の説明】

1 9 ... 排気マニホルド

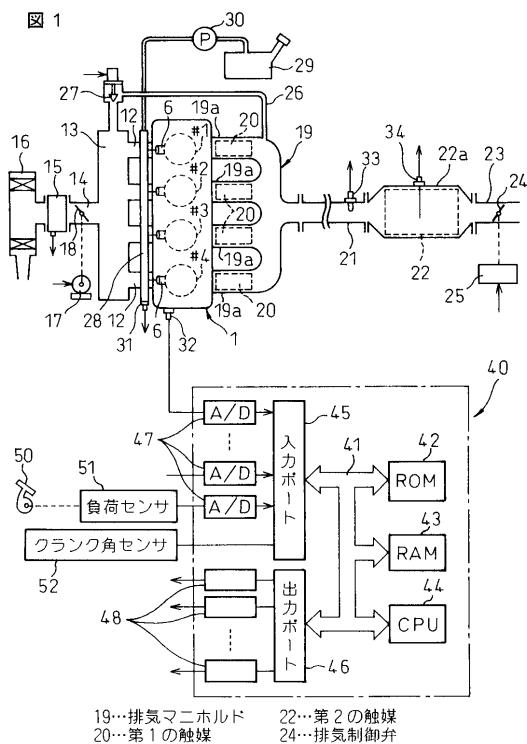
2 0 ... 第 1 の触媒

2 2 ... 第 2 の触媒

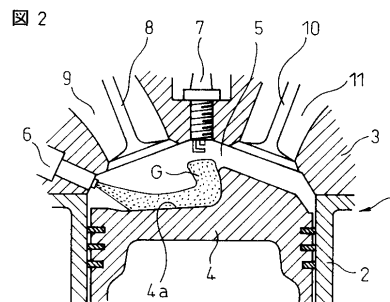
2 4 ... 排気制御弁

10

【図 1】

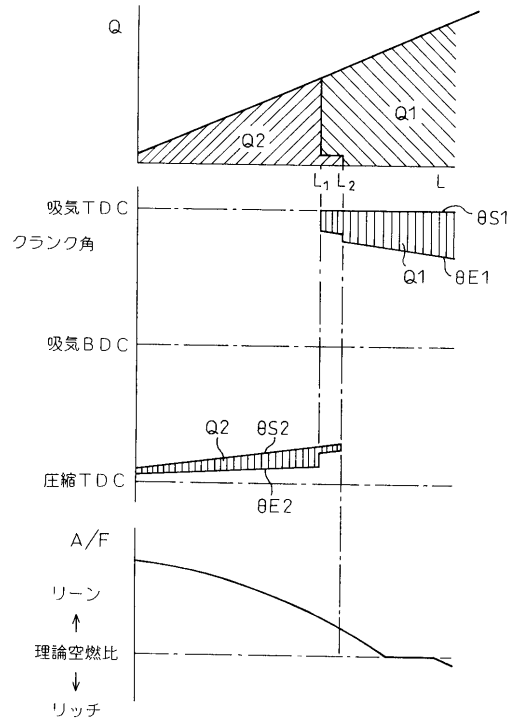


【図 2】



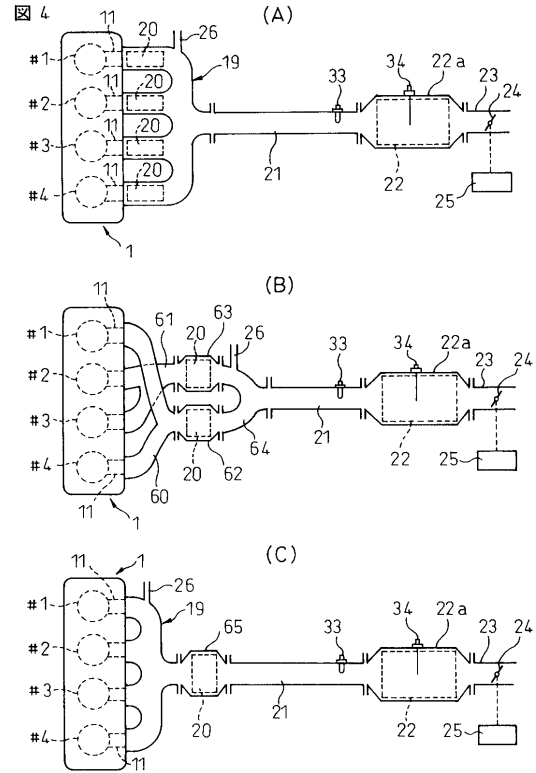
【図 3】

図 3



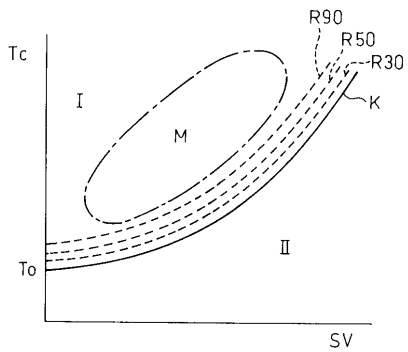
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5

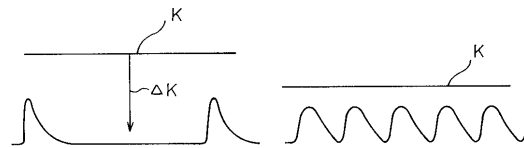


【図 6】

図 6

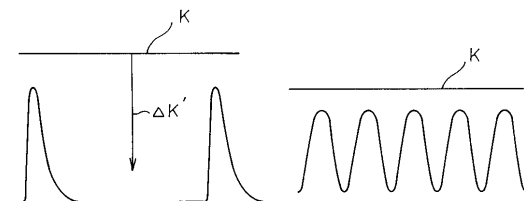
(1)ポート出口・低負荷

(3)第2の触媒・低負荷



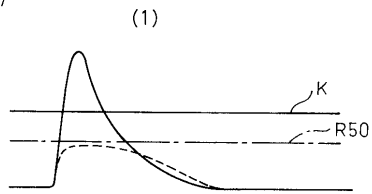
(2)ポート出口・高負荷

(4)第2の触媒・高負荷

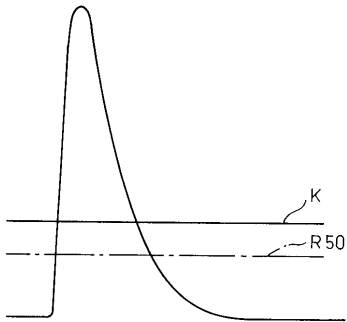


【図 7】

図 7

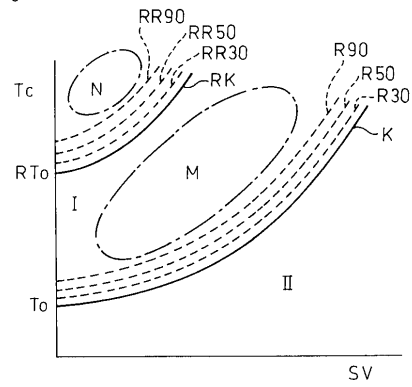


(2)



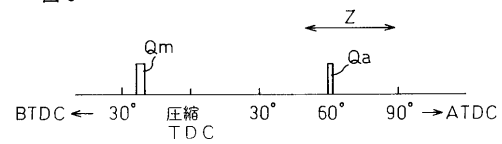
【図 8】

図 8



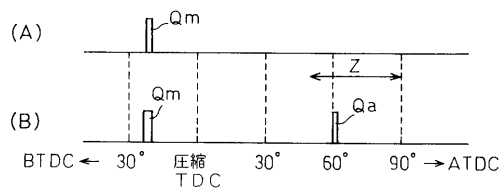
【図 9】

図 9



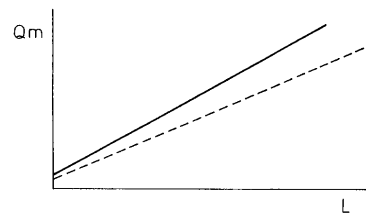
【図 10】

図 10



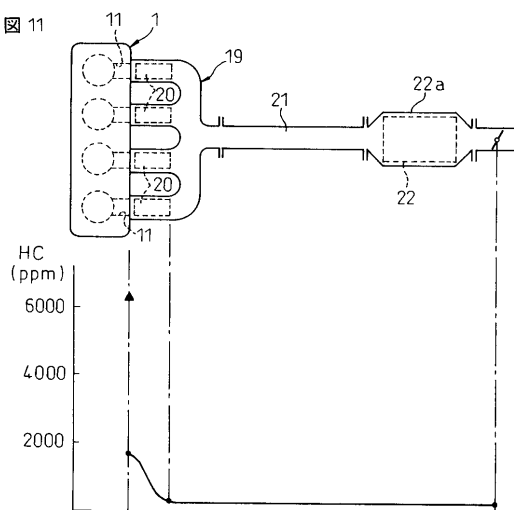
【図 12】

図 12



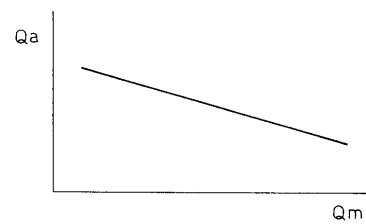
【図 11】

図 11

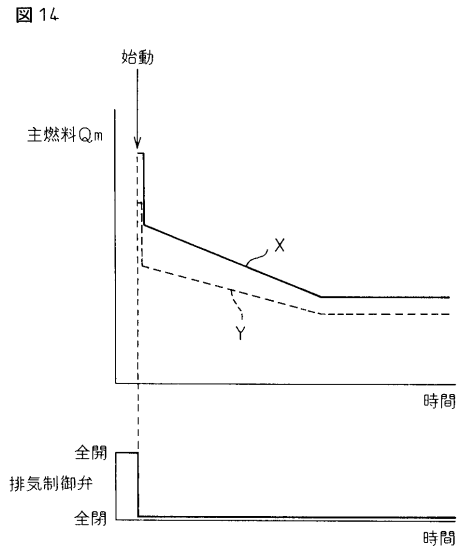


【図 13】

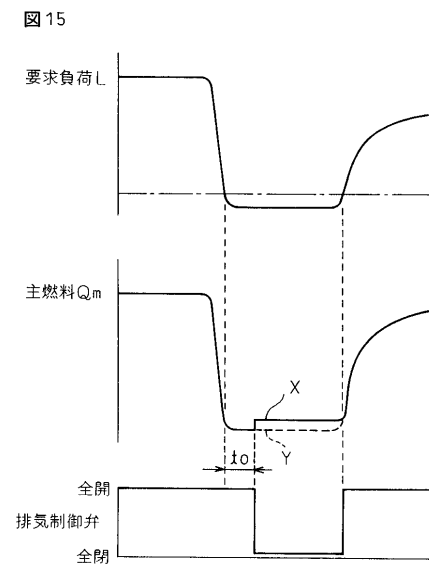
図 13



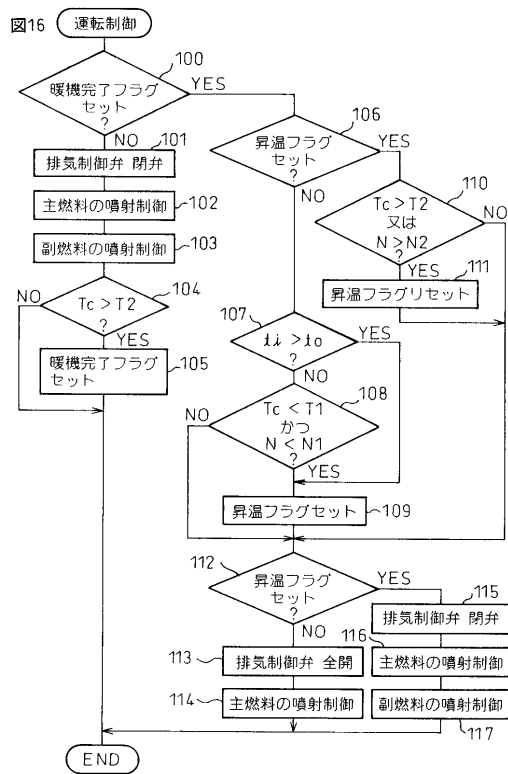
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き(51) Int.Cl.⁷

F I

F 0 2 D 41/14

(72)発明者 利岡 俊祐

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 田中 俊明

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 亀田 貴志

(56)参考文献 特開平11-148340(JP,A)

特開平11-200845(JP,A)

特開平11-062563(JP,A)

特開平05-133223(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

F01N 3/08 - 3/36

F02D 9/04

F02D 41/14