

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4013290号

(P4013290)

(45) 発行日 平成19年11月28日(2007.11.28)

(24) 登録日 平成19年9月21日(2007.9.21)

(51) Int. Cl.

F I

FO2M 25/07 (2006.01)	FO2M 25/07 570J
FO2B 37/00 (2006.01)	FO2M 25/07 570P
FO2D 23/00 (2006.01)	FO2M 25/07 550A
FO2D 23/02 (2006.01)	FO2B 37/00 302F
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 23/00 J

請求項の数 7 (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-192342  
 (22) 出願日 平成9年7月17日(1997.7.17)  
 (65) 公開番号 特開平11-36994  
 (43) 公開日 平成11年2月9日(1999.2.9)  
 審査請求日 平成16年6月18日(2004.6.18)

(73) 特許権者 000003137  
 マツダ株式会社  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号  
 (74) 代理人 100077931  
 弁理士 前田 弘  
 (74) 代理人 100094134  
 弁理士 小山 廣毅  
 (74) 代理人 100107445  
 弁理士 小根田 一郎  
 (72) 発明者 斉藤 智明  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内  
 (72) 発明者 林原 寛  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

エンジンの排気を利用するターボ過給機と、排気通路の該ターボ過給機のタービンが配設された部位よりも上流側から排気の一部を取り出して該ターボ過給機のブロアが配設された部位よりも下流側に還流させる排気還流通路とを備え、且つアクセル操作量に基づいて燃焼室への燃料の噴射量が決定されるターボ過給機付直接噴射式エンジンの排気還流制御装置において、

上記吸気通路に設けられた吸入空気量を検出するためのセンサと、  
 上記燃料噴射量を求める手段と、  
 上記排気還流通路に設けられた排気還流量をリニアに調節する手段と、  
 燃料噴射量を調節する手段と、

上記アクセル操作量とエンジン回転数とに基いて、エンジンが加速運転状態にあるか否かを判別する手段と、

エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときの定常時の目標空燃比を設定する手段と、

エンジンが上記定常運転状態から加速運転状態に入ったときの加速時の排気還流制御用の目標空燃比を設定する手段と、

エンジンが上記定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときに、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比とは別に、燃料噴射量を制御するための加速時の燃料噴射制御用の目標空燃比を設定する手段と、

10

20

上記吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、エンジンが上記低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときは上記定常時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御し、エンジンがこの定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときには上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御する制御手段と、

エンジンが上記定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときには、上記排気還流制御と並行して、上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比となるように上記燃料噴射量調節手段の作動をフィードバック制御する燃料噴射量制御手段とを備え、

上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、

上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定されることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において

、  
上記定常時の目標空燃比が、空燃比がリッチになることに伴って排気ガス中のスモーク量が増大する変化特性をみたときの、該スモーク量が緩増から急増に変化するときの空燃比であることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において

、  
上記各気筒の定常時の目標空燃比が略同一であることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、

上記ターボ過給機が、その A / R を変更することができるバリエブルジオメトリー型であり、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときの A / R を小さくすることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において

、  
上記排気還流通路として、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁が設けられた通路と、開・閉の 2 位置に切り替えられるオンオフ開閉弁が設けられた通路とを並列にして備えていて、

上記制御手段が、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において

、  
上記排気還流通路に、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁と、開・閉の 2 位置に切り替えられるオンオフ開閉弁とが直列に設けられていて、

上記制御手段が、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、上記定常時の目標空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときに空燃比が上記加速時の目標空燃比に所定レベル以上に近づくまで上記オンオフ開閉弁を閉に制御することを特徴とす

10

20

30

40

50

るターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において

、  
上記排気還流量調節手段が、上記排気還流通路に設けられたダイヤフラム式開閉弁であり、

上記開閉弁の開度が零のときに該開閉弁の圧力室に所定のプリセット圧を与えるプリセット圧制御手段を備えていることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自動車等に搭載されるターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

特公昭 63 - 50544 号公報には、過給機付ディーゼルエンジンの排気還流制御装置に関し、排気中の  $\text{NO}_x$  (窒素酸化物) を減少させるために、排気還流量を調節することによって吸気 (新気) の空気比 を調節することが記載されている。

【0003】

特開平 6 - 229322 号公報には、多気筒エンジンの排気還流制御装置に関し、気筒毎に吸入空気量を検出し、該吸入空気量に応じて排気還流量を調節することが記載されている。これは、気筒間の EGR (排気還流) 率 (= EGR 量 / 吸入空気量) にばらつきを生じないようにする、つまり各気筒の EGR 率を同じにするものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、ディーゼルエンジンは、空燃比がかなりリーン (希薄) な状態で運転されるため、 $\text{NO}_x$  の排出量が多くなる。この問題に対しては、排気還流量を多くすることによって対処することができ、これにより  $\text{NO}_x$  を低減させることができる。しかし、排気還流量を多くすると、そのことによって吸気中の空気量が減少するため、排気中のスモーク量が多くなる。吸気中の空気量が減少するということは、それだけ空燃比がリッチ側へ変化しているということである。

【0005】

これに対して、本発明者は、空燃比とスモーク量との関係を調べた結果、空燃比がある値を越えるとスモーク量が急に増大することを見出だした。従って、上記  $\text{NO}_x$  の低減とスモークの低減を両立させるためには、スモーク量が急増し始める前のできるだけリッチ側の空燃比を目標として排気還流量を制御することが好ましい、ということが出来る。

【0006】

しかし、ターボ過給機付ディーゼルエンジンの場合、多量の排気を吸気系に還流させている定常運転状態では、ターボ過給機に与えられる排気エネルギーが少なくなっているから、この運転状態からアクセルペダルの踏込みによって加速領域に入っても直ちには所期の過給効果が得られない。

【0007】

その場合の問題は、アクセルペダルが踏み込まれると、そのことによって燃料噴射量が多くなるが、過給が遅れるため空燃比がかなりリッチな状態になり、一時的にエンジンの出力が低下していわゆるターボラグが大きくなるとともに、排気中のスモーク量が急増することにある。しかも、このようにエンジンの出力が速やかに上昇しない場合には、運転者がさらにアクセルペダルを踏み込んでしまってターボラグが助長されることになり、アクセル踏込み エンジン出力の低下、スモーク量の増大 アクセル踏込み、という悪循環を招きかねない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

そこで、この出願の発明では、エンジンがターボ過給機によって過給が行なわれる加速運転状態にあるときに、上述の如き問題を生じない適切な空燃比を設定し、この空燃比を目標として排気還流の制御を行なうようにしたものである。

## 【 0 0 0 9 】

すなわち、その発明は、エンジンの排気を利用するターボ過給機と、排気通路の該ターボ過給機のタービンが配設された部位よりも上流側から排気の一部を取り出して該ターボ過給機のブロアが配設された部位よりも下流側に還流させる排気還流通路とを備え、且つアクセル操作量に基づいて燃焼室への燃料の噴射量が決定されるターボ過給機付直接噴射式エンジンの排気還流制御装置において、

上記吸気通路に設けられた吸入空気量を検出するためのセンサと、

上記燃料噴射量を求める手段と、

上記排気還流通路に設けられた排気還流量をリニアに調節する手段と、

燃料噴射量を調節する手段と、

上記アクセル操作量とエンジン回転数とに基いて、エンジンが加速運転状態にあるか否かを判別する手段と、

エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときの定常時の目標空燃比を設定する手段と、

エンジンが上記定常運転状態から加速運転状態に入ったときの加速時の排気還流制御用の目標空燃比を設定する手段と、

エンジンが上記定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときに、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比とは別に、燃料噴射量を制御するための加速時の燃料噴射制御用の目標空燃比を設定する手段と、

上記吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、エンジンが上記低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときは上記定常時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御し、エンジンがこの定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときには上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御する制御手段と、

エンジンが上記定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときには、上記排気還流制御と並行して、上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比となるように上記燃料噴射量調節手段の作動をフィードバック制御する燃料噴射量制御手段とを備え、

上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、

上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定されることを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

- 吸入空気量検出センサについて -

上記吸入空気量を検出するためのセンサについては、吸気通路の空気流量又は吸気管圧力を検出するセンサを採用することができ、そのセンサからの出力に基づいて吸入空気量を求めることができる。吸気管圧力を検出した場合には、これとエンジン回転数とに基づいて吸入空気量を求めることになる。

## 【 0 0 1 1 】

上記空気流量を検出するセンサとしては、定温度型ホットフィルム式エアフローセンサを採用することが好適である。これは、通電によって加熱されているホットフィルムの放散熱量はそこを通過する空気の質量に依存するから、このホットメルトを一定温度に保つために必要な通電量に基づいて空気流量を求める、というものである。これによれば、流速変動があっても、空気流量を確実にとらえることができる。

## 【 0 0 1 2 】

10

20

30

40

50

上記定温度型ホットフィルム式エアフローセンサとしては、吸気通路に吸気流れ方向と直交するように配されたヒータとこのヒータを挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムとを備え、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて逆流を検出する逆流検出型が好適であり、これにより、気筒に流れる正方向の空気流量のみを計測することができ、排気還流量の制御に逆流による誤差が入ることを避けることができる。

#### 【0013】

ここに、排気中の $O_2$ 濃度を検出する $O_2$ センサを排気通路に設けておいて、該センサの出力からそのときの空燃比を求め、該空燃比と燃料噴射量とに基づいて吸入空気量を求めることもできるが、その場合は、例えば2サイクルほど前の吸入空気量が求まることになり、ターボ過給機による過給を働かせる加速時の排気還流制御には向かない。これ  
10

#### 【0014】

- 過渡時の排気還流制御について -

すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときと、そこから加速運転状態に入った加速時では、エンジンに求められる特性が異なり、定常運転時では排気中の $NO_x$ やスモークの量を低減することが重要な課題となり、加速時では $NO_x$ ・スモークの増大を抑えながらエンジン出力を速やかに上昇させることが重要な課題となる。従って、上記定常時の目標空燃比と加速時の目標空燃比を異なるものにするによって、この課題を解決するこ  
20

#### 【0015】

エンジンが上記定常運転状態から上記加速運転状態に入ったときは、目標空燃比を上記定常時の目標空燃比よりもリーンに設定することが好適である。すなわち、加速時には燃料噴射量の増大に見合うように吸入空気量が増大することが求められるところ、目標空燃比をリーンに設定すれば、排気還流量が減少する方向の制御になるから、その分、吸入空気量が増大するためである。

#### 【0016】

また、一時的に空燃比がリーンになって $NO_x$ 発生量が増えても、加速応答性が高まることから、早期に定常運転状態に移行して多量の排気還流を行なうことができるようになるため、全体的にみれば $NO_x$ 排出量は少なくなる。  
30

#### 【0017】

- 過給時の排気還流と燃料噴射の並行制御 -

すなわち、加速時（過渡時）にはアクセルペダルの踏み込みに伴って燃料噴射量を増大させる必要があるが、その場合の目標とする空燃比は、排気還流量の制御の場合とは別に、加速性の向上の観点から設定することが好ましい。

#### 【0018】

そのような加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比については、これを上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定することが、加速性の向上の観点から好ましい。但し、この目標空燃比を過度にリッチ側に設定すると、不完全燃焼によってスモーク量が多くなり過ぎるとともに、エンジン出力の向上の観点から不利になるため、スモーク量が過剰にならない範囲で且つエンジン出力の向上に支障がない範囲でリッチ側に設定する必要がある。  
40

#### 【0019】

また、上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定されるようにすることが好適である。

#### 【0020】

これにより、排気還流量を下げた吸入空気量の増大、過給機に与える排気エネルギーの増大を図りながら、燃料の増量によるエンジン出力の増大を図ることができる。  
50

## 【 0 0 2 1 】

- 定常時の排気還流制御用の目標空燃比 -

この定常時の目標空燃比については、空燃比がリッチになることに伴って排気ガス中のスモーク量が增大する変化特性をみたときの、該スモーク量が緩増から急増に変化するときの空燃比に設定することが好適である。すなわち、これにより、NO<sub>x</sub>低減とスモーク量の低減とを両立させることができる。

## 【 0 0 2 2 】

また、各気筒の定常時の目標空燃比は略同一とすることができる。この点は加速時の排気還流制御用及び燃料噴射量制御用の目標空燃比の場合であっても同様である。略同一とは完全同一を含む。気筒毎に吸入空気量を検出して気筒毎に排気還流量を制御するよう

10

## 【 0 0 2 3 】

- VGT制御 -

上記ターボ過給機として、そのA/Rを変更することができるバリエブルジオメトリー型ターボ過給機を採用し、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときのA/Rを強制的に一時的に小さくすることが好適である。

## 【 0 0 2 4 】

すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときは、多量の排気を還流させていて、ターボ過給機に与えられる排気エネルギーが少なくなっており、この状態で過給を行なっても吸入空気量の速やかな増大は望めない。そこで、上記A/Rを小さくすることによって過給効率を高め、空燃比が目標空燃比に所定レベル以上に近付いたときにA/Rの低減制御を解除するものである。

20

## 【 0 0 2 5 】

- 排気還流用開閉弁の並列配置 -

上記排気還流通路として、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁が設けられた通路と、開・閉の2位置に切り替えられるオンオフ開閉弁が設けられた通路とを並列に設け、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することが好適である。

30

## 【 0 0 2 6 】

すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときに、オンオフ開閉弁を開としてリニア開閉弁の開度を制御するようすれば、この2つの通路によって多量の排気を還流させることができNO<sub>x</sub>の低減に有利になる。一方、エンジンが加速運転状態に入ったときは上記オンオフ開閉弁が閉となるから、そのことによって排気還流量を急減させることができ、吸入吸気量を急増させることができる。

## 【 0 0 2 7 】

- 排気還流用開閉弁の直列配置 -

上記排気還流通路に、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁と、開・閉の2位置に切り替えられるオンオフ開閉弁とを直列に配置し、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することが好適である。

40

## 【 0 0 2 8 】

すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときはリニア開閉弁によって予定するフィードバック制御を行なうことができ、加速運転状態に入ったときはオンオフ開閉弁の閉によって排気還流が止められるため、吸入空気量を急増させることができる。

## 【 0 0 2 9 】

- 排気還流用開閉弁のプリセット -

上記排気還流量調節手段を、上記排気還流通路に設けられたダイヤフラム式開閉弁とし

50

た場合、その開度が零のときに当該開閉弁の圧力室に所定のプリセット圧を与えるプリセット圧制御手段を設けることが好適である。

【0030】

すなわち、定常運転時に多量の排気還流を行なうには排気還流通路の通路断面面積を大きくするべく、孔径の大きなパイプを採用する必要がある。従って、ダイヤフラム式開閉弁にあっては、その弁本体が大型になり、その駆動手段に異常が発生したとき（例えば作動用の負圧が得られなくなったとき）のフェイルセーフのために、弁本体が閉止状態で不用意に動かないように、弁本体を弁座に対して大きなばね力で押し付けることができるようにする必要がある。しかし、そのことは、正常時において当該開閉弁を一旦閉にすると、これを開動させるために当該ばね力に打ち勝つ圧力を得るまでに時間がかかることになる。これでは、エンジンが加速運転状態になって当該開閉弁を閉になつた後、加速運転状態から定常運転状態に戻ったときに、排気還流を再開するまでに時間がかかり、その間排気還流ができなくて、NOxの発生量が多くなる。

10

【0031】

そこで、当該発明では、ダイヤフラム式開閉弁にプリセットを与えるようにして、少しの圧力上昇（負圧応動式であれば、負圧の大きさの上昇）でこの開閉弁を開動させることができるようにするものである。

【0032】

【発明の効果】

従って、本発明によれば、エンジンが定常運転状態からターボ過給機による加速運転状態に入ったとき、この加速時の排気還流制御用の目標空燃比を設定して排気還流制御を行なう一方、この排気還流制御と並行して、加速時の燃料噴射制御用の目標空燃比を上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比とは別に設定し燃料噴射制御を行なうようにし、しかも上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比を上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定し、且つ上記加速時の燃料噴射量制御用の目標空燃比を定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定し、上記加速時の排気還流制御用の目標空燃比を上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定するようにしたから、加速時には、NOx及びスモークの増大を抑えながら、排気還流量を下げて吸入空気量の増大、過給機に与える排気エネルギーの増大を図り、また、燃料の増量によるエンジン出力の増大を図ることができ、加速性の向上に有利になる。

20

30

【0033】

【発明の実施の形態】

<エンジン構成>

図1において、1は自動車に搭載される直噴式エンジンとしての4気筒ディーゼルエンジンのエンジン本体、2は吸気通路、3は排気通路、4は各気筒の燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁、5はコントロールユニット（コンピュータ制御手段）である。吸気通路2には、その上流側から順にエアフローセンサ6、過給機（VGT）7、インタークーラー8が設けられ、下流端で分岐して各気筒に接続されている。排気通路3には、その集合部よりも下流側にO<sub>2</sub>センサ9、排気圧センサ11、上記過給機7及び触媒コンバータ（キャタ）12が設けられている。

40

【0034】

吸気通路2と排気通路3とは、排気通路3の過給機7よりも下流側から延びて吸気通路2の集合部に至るEGR通路13によって接続され、このEGR通路13には排気還流量を調節する負圧作動式のEGR弁14が設けられている。すなわち、EGR弁14には負圧通路15を介して負圧ポンプ16が接続されていて、この負圧通路15に負圧制御用の電磁弁17及び負圧センサ18が設けられている。EGR弁14にはそのリフト量を検出するリフトセンサ19が設けられている。吸気通路2の集合部には吸気圧センサ21、及び吸気温センサ22が設けられ、エンジンのクランクシャフトにはクランク角度を検出するセンサ23が設けられている。このセンサ23は、気筒の判別とエンジン回転数の検出にも用いられる。

50

## 【 0 0 3 5 】

各気筒の燃料噴射弁 5 には燃料通路を介して燃料噴射ポンプ 2 4 が接続されている。燃料通路のコモンレール（共通路）2 5 には燃料の供給圧を検出するセンサ 2 6 が設けられている。2 7 はアクセルペダルの踏込み量を検出するアクセル開度センサである。

## 【 0 0 3 6 】

- E G R 弁及び過給機について -

図 2 に示すように、E G R 弁 1 4 の弁箱を仕切るダイヤフラム 1 4 a に弁棒 1 4 b が固定され、この弁棒 1 4 b の両端に E G R 通路 1 3 の開度をリニアに調節する弁本体 1 4 c とリフトセンサ 1 9 とが設けられている。弁本体 1 4 c はスプリング 1 4 d によって閉方向に付勢されている。弁箱の負圧室に負圧通路 1 5 が接続されている。この負圧通路 1 5 に設けられた電磁弁 1 7 がコントロールユニット 5 からの制御信号（電流）によって負圧通路 1 5 を連通・遮断することによって、負圧室の E G R 弁駆動負圧が調節され、これによって、弁本体 1 4 c による E G R 通路 1 3 の開度がリニアに調節されることになる。

10

## 【 0 0 3 7 】

すなわち、図 3 に示すように、電流が大きくなるに従って E G R 弁駆動負圧が大きくなり（つまり圧力が低くなり）、図 4 に示すように、E G R 弁駆動負圧に比例して E G R 弁本体 1 4 c のリフト量が変化する。但し、ヒステリシスがみられる。

## 【 0 0 3 8 】

ターボ過給機 7 は、エンジンの加速時、高負荷運転時など所定の運転領域ないし運転状態にあるときに過給を行なうためのものであり。図 5 及び図 6 に示すように、そのタービン室 7 a の入口に、該入口の断面積 A を変化させると同時に、入口を半径方向の位置 R を変化させるフラップ 7 b が回動可能に設けられている V G T （バリアブルジオメトリーターボ）である。図 5 に示すように、フラップ 7 b をその先端がタービン室 7 a の周壁に近付くように位置付けて、A / R を小さくすると過給効率が高くなり、図 6 に示すように、フラップ 7 b をその先端がタービン室 7 a の中心に寄るように位置付けて A / R を大きくすると過給効率が低くなる。

20

## 【 0 0 3 9 】

< 直噴式エンジンの制御システムの全体構成 >

制御すべき対象は、E G R 弁（排気通路から吸気通路に供給する排気還流通路の調節弁）、V G T、及び燃料噴射弁である。これらの制御は、上記コントロールユニット 5 のメモリ上に電子的に格納された制御プログラムによって実行される。

30

## 【 0 0 4 0 】

- 排気還流量制御 -

各気筒の E G R 率（= E G R 量 / 全排気量、なお、以下では特にことわりがないかぎり、E G R 率は全排気量中の還流される排気量 E G R 量の割合をいうものとする。）及び各気筒の吸入空気量の平均吸入空気量からの偏差をみると、図 4 9 に示す結果が得られた。すなわち、排気還流通路の弁の開度を同じにしても各気筒の E G R 率及び吸入空気量偏差にはばらつきがあり、E G R 率の高い気筒ではその吸入空気量が少なく、E G R 率の低い気筒ではその吸入空気量が多い。これは、還流される排気の各気筒への分配性にばらつきがあるだけでなく、各気筒間の空気吸入特性自体にばらつきがあることが影響していると考えられる。

40

## 【 0 0 4 1 】

そこで、基本的には全気筒に共通の目標空燃比を定め、各気筒毎に吸入空気量を検出し、この吸入空気量に応じて上記目標空燃比となるように気筒毎に排気還流量を制御する、つまり、各気筒の吸入空気量に対する E G R 量の割合の均一化を図るのではなく、所定の空燃比を目標として各気筒の空燃比の均一化を図るようにしたものである。

## 【 0 0 4 2 】

図 7 に示すように、コントロールユニット 5 は、アクセル開度 accel 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標トルク trqsol を記録した二次元マップ 3 1、エンジン回転数 Ne、目標トルク trqsol 及び新気量（吸入空気量のことであり燃料

50

を含まない。以下、同じ。)FAirの変化における、実験的に決定された最適な目標燃料噴射量Fsolを記録した三次元マップ32、並びにエンジン回転数Neと目標トルクtrqsolの変化における、実験的に決定された最適な目標空燃比A/Fsolを記録した二次元マップ33を、それぞれメモリ上に電子的に格納して備えている。

#### 【0043】

この目標空燃比A/FsolがNOxの低減とスモークの低減とを両立させるための排気還流量を決定する基準となるものである。すなわち、図8にディーゼルエンジンの空燃比と排気中のNOx量との関係(一例)を示すように、空燃比が上昇するとNOx量が増大する傾向にある。従って、排気還流量を多くして空燃比を下げれば(リッチ側にする)NOxの発生が少なくなることがわかる。

10

#### 【0044】

しかし、図9に示すように、同エンジンの空燃比と排気中のスモーク値との関係を見ると、空燃比がリッチ側になり、ある空燃比以下になるとスモーク量が急に増大する。このことから、排気還流量を多くするにも限界があり、上記両立を図るには、目標とする空燃比をNOxの低減が図れるようにできるだけリッチ側に、しかもスモーク量が急増し始める前の値に定め、これを目標として排気還流量を制御する必要がある、ということが出来る。

#### 【0045】

この制御システムでは、エアフローセンサ6から求まる新気量と、O<sub>2</sub>センサ9から求まる新気量とを新気量切替部34によって切り替えて排気還流量の制御に用いるようになっている。この切替については後述する。

20

#### 【0046】

(エアフローセンサ6によって求められた新気量を用いられる場合)

上記センサ1,2により検出されたアクセル開度accelとエンジン回転数Neとを用いて、目標トルク演算部41において上記メモリ上の二次元マップ31を参照して目標トルクtrqsolが決定される。この目標トルクtrqsolと、エアフローセンサ6によって計測され新気量切替部34を介して送られる新気量FAirとエンジン回転数Neとを用いて、目標噴射量演算部42において上記メモリ上の三次元マップ32を参照して目標噴射量Fsolが決定される。一方、上記目標トルクtrqsolとエンジン回転数Neとを用いて、目標空燃比演算部43において上記メモリ上の二次元マップ33を参照して上記両立を図るための目標空燃比A/Fsolが決定される。

30

#### 【0047】

また、上記目標噴射量Fsolと目標空燃比A/Fsolとを用いて、目標新気量演算部44において目標新気量FAsolが算出される( $FAsol = Fsol \times A/Fsol$ )。この目標新気量FAsolを目標として、新気量フィードバック制御部45において新気量FAirのフィードバック制御が行なわれる。この制御は、空燃比のフィードバック制御を行っていることと同じであるが、新気供給量自体を直接調節するのではなく、排気還流量を調節することによって新気量を変化させる、というものであり、つまり、新気の補正量を決定するのではなく、目標とするEGR弁の操作量EGRsolを決定することになる。

#### 【0048】

(O<sub>2</sub>センサによって求められた新気量を用いられる場合)

O<sub>2</sub>センサ9によって検出された排気中のO<sub>2</sub>濃度は空燃比変換部46において空燃比A/Fに変換される。この変換は両者の関係を表わす、コントロールユニット5のメモリ上に電子的に格納されたテーブルを参照して行なわれる。この計測空燃比A/Fと目標噴射量Fsolとを用いて新気量演算部47において新気量FAirが算出される( $FAir = A/F \times Fsol$ )。このO<sub>2</sub>センサ9による新気量FAirは、先に説明したエアフローセンサ6の場合と同様に、新気量切替部34を介して目標噴射量Fsolの演算に供される。なお、新気量FAirの算出に用いられる目標噴射量Fsolは前回値である。

40

#### 【0049】

そして、二次元マップ33によって得られる目標空燃比A/Fsolを目標として、空燃比フ

50

ィードバック制御部 48 において空燃比 A/F のフィードバック制御が行なわれる。この制御も、排気還流量を調節することによって新気量を変化させ空燃比 A/F を目標値に近づける、というものであり、目標とする EGR 弁の操作量  $EGR_{sol}$  を決定することになる。

【0050】

(排気還流量調節手段の制御)

EGR 弁駆動量切替部 49 において、上記エアフローセンサ 6 による新気量を用いて求められた EGR 弁の目標操作量  $EGR_{sol}$  と、 $O_2$  センサ 9 による新気量を用いて求められた EGR 弁の目標操作量  $EGR_{sol}$  とのうちの一方が選択され、EGR 弁の制御に用いられる。この選択切替は、先の新気量切替部 34 の切替に連動する。

【0051】

- VGT 制御 -

コントロールユニット 5 は、目標トルク  $trq_{sol}$  及びエンジン回転数  $N_e$  の変化における、実験的に決定された最適な目標ターボ効率  $VGT_{sol}$  を記録した二次元マップ 51 をメモリ上に電子的に格納して備えており、上記二次元マップ 31 によって得られる目標トルク  $trq_{sol}$  とエンジン回転数  $N_e$  とを用いて、目標ターボ効率演算部 52 において当該マップ 51 を参照して目標ターボ効率  $VGT_{sol}$  が演算され、これを用いて VGT が制御される。

【0052】

- 燃料噴射量制御 -

コントロールユニット 5 は、目標トルク  $trq_{sol}$  及びエンジン回転数  $N_e$  の変化における、実験的に決定された最適なコモンレール圧力  $CRP_{sol}$  を記録した二次元マップ 53 をメモリ上に電子的に格納して備えている。そして、上記二次元マップ 31 によって得られる目標トルク  $trq_{sol}$  とエンジン回転数  $N_e$  とを用いて、コモンレール圧力演算部 54 において当該マップ 53 を参照して目標コモンレール圧力  $CRP_{sol}$  が演算され、これを用いてコモンレール圧力が制御される。この制御されたコモンレール圧力  $CRP$  と目標噴射量  $F_{sol}$  とに基づいて電磁式燃料噴射弁 4 の励磁時間を決定し制御する。

【0053】

< 排気還流・燃料噴射制御の全体の流れ >

当該制御の全体の流れは、図 10 に示されている。すなわち、エアフローセンサ 6 又は  $O_2$  センサ 9 によって検出される吸入空気量及びクランク角度センサ 23 によって検出されるクランク角度に基づいて気筒毎に吸入空気量  $FAir$  が求められる (ステップ 1 ~ 3)。また、クランク角度センサ 23 によって検出されるエンジン回転数  $N_e$ 、アクセル開度センサ 27 によって検出されるアクセル開度  $accel$  及び上記吸入空気量  $FAir$  に基づいて目標燃料噴射量  $F_{sol}$  が求められる (ステップ 4 ~ 6)。

【0054】

アクセル開度  $accel$ 、エンジン回転数  $N_e$  等に基づいて当該エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるか、加速運転状態 (定常運転状態からターボ過給機 7 による過給が行なわれる過給運転状態に入った状態) にあるかの過渡判定が行なわれ (ステップ 7)、定常運転時には基本目標空燃比が設定され、目標吸入空気量が求められて、EGR 弁基本制御が行なわれ、この基本制御が気筒毎の吸入空気量  $FAir$  に基づく気筒毎の EGR 弁制御によって補正される (ステップ 8 ~ 11)。この気筒毎の EGR 弁の補正制御が、 $NO_x$  の低減とスモークの低減とを両立させるための空燃比のフィードバック制御に相当する。加速運転時には加速時の目標空燃比が設定され、加速時の EGR 弁制御及び噴射量制御が行なわれる (ステップ 12 ~ 14)。

【0055】

< 気筒毎の吸入空気流量の検出及び吸入空気量の算出 >

この検出に用いたエアフローセンサ 6 は、定温度型ホットフィルム式であり、吸気通路 2 に吸気流れ方向と直交するように配されたヒータとこのヒータを挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムとを備え、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて逆流を検出する逆流検出型である。図 11 に検出された吸入空気流量の例が示されている。同図の斜線を入れた部分が逆流分であり、この逆流分が差し引かれた積分値、すなわち、実

10

20

30

40

50

際に各気筒に吸入された空気量の変動していることがわかる。

【 0 0 5 6 】

図 1 2 に上記エアフローセンサ 6 を用いたときの気筒毎の吸入空気量の算出 ( 図 1 0 のステップ 1 ~ 3 ) の具体的なフローを示す。吸入空気流量を積分していくとともに、経過時間を計測していき、クランク角度が 1 8 0 度に達する都度、その 1 8 0 度分の吸入空気流量の積分値  $Q$  を当該気筒 (  $i$  ) の吸入空気量  $Q_i$  とし、その所要時間 ( クランクタイマ時間  $T$  ) を当該気筒 (  $i$  ) のクランク間隔  $T_i$  とし、得られた 4 気筒の吸入空気量  $Q_i$  の平均値を基本吸入空気量  $Q_{av}$  として求める ( ステップ A 1 ~ A 7 ) 。なお、4 気筒の各々には便宜上気筒番号「 0 , 1 , 2 , 3 」を与えている。

【 0 0 5 7 】

また、吸気行程の時期が 1 つの前の気筒 (  $i-1$  ) を基準とする、当該気筒 (  $i$  ) の吸入空気量の変化率  $Q_i = Q_i / Q_{i-1}$  とクランク間隔の変化率  $T_i = T_i / T_{i-1}$  を求め、吸気行程の時間を加味した吸入空気量の変化指数  $Q_{ti} = Q_i / T_i$  を求める ( ステップ A 8 ~ A 1 0 ) 。ここで、 $T_i$  を考慮するのは、トルク変動 ( クランクシャフトの角速度変動 ) による外乱をできるだけ排除するためであり、この処理は特にトルク変動の大きなアイドル運転時に効を奏する。そして、この変化指数  $Q_{ti}$  に基づいて各気筒の吸入空気量特性  $Q_{t'}(i)$  を次式により求める ( ステップ A 1 1 ) 。

【 0 0 5 8 】

$$Q_{t'}(i) = Q_{ti} \times r + Q_{t'}(i-1) \times (1 - r)$$

但し、 $0 < r < 1$

すなわち、 $Q_{t'}(i)$  は変化指数  $Q_{ti}$  の前回値であり、今回の変化指数  $Q_{ti}$  に前回値を所定の割合で反映させるものである。これにより、吸入空気量に関する気筒間の固体差が漸次明瞭になっていく。

【 0 0 5 9 】

< 過渡判定 >

図 1 3 に過渡判定 ( 図 1 0 のステップ 4 ~ 7 ) の具体的なフローを示す。この過渡判定は加速判定であり、アクセル開度の変化による判定と、燃料噴射量の変化による判定とがある。エンジンの加速運転時には、燃料噴射量の増大に応じて吸入空気量を増やす必要があるが、そのためには排気還流量を速やかに減らす必要がある。このような排気還流量低減制御を行なうための過渡判定である。

【 0 0 6 0 】

すなわち、アクセル開度  $Acc$  とエンジン回転数  $Ne$  と吸入空気量  $Q_{av}$  とを用いて、図 7 の三次元マップ 3 2 より燃料噴射量  $F$  を読み込むとともに、アクセル開度の今回値  $Acc$  と前回値  $Acc'$  とに基づいてその変化量  $Acc = Acc - Acc'$  を求める ( ステップ B 1 ~ B 3 ) 。燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて二次元マップから加速判定基準  $cc$  を読み込む ( ステップ B 4 ) 。

【 0 0 6 1 】

この  $cc$  は、上記アクセル開度変化量  $Acc$  に基づいて加速判定をするためのものであり、例えばエンジン回転数  $Ne$  が高いほど大きくなり ( 加速判定され難い ) 、燃料噴射量  $F$  が多いほど小さくなる ( 加速判定され易い ) 、というように、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $Ne$  の変化における、最適な値が実験的に決定されてメモリ上に電子的に格納されている。低負荷運転時はもともと排気還流量が多いため、アクセル変化 ( 燃料噴射量増大変化 ) が大きいときに、排気還流量の低減制御に速やかに移行することができるように、燃料噴射量が多いほど上記  $cc$  を小さくしているものである。

【 0 0 6 2 】

そして、加速係数  $= Acc / cc$  が 1 よりも大のときに当該エンジンが加速運転状態であると判定される。加速が判定された場合には、加速係数 と別途求められた目標空燃比  $T A / F$  とに基づいて過渡時 ( 加速時のこと。以下、同じ。 ) の E G R 弁操作量  $K T_{egr}$  をマップより読み込む ( ステップ B 5 ~ B 7 ) 。これは、アクセル開度の拡大方向の変化が急であるような場合 ( アクセルペダルが急に踏み込まれたような場合 ) には、排気還流に

10

20

30

40

50

よるNOxの低減よりも、加速要求を優先させて排気還流量を速やかに減らすためである。従って、EGR弁操作量 $T_{egr}$ のマッピングは、加速係数が大きくなるほどEGR弁の開度が小さくなるように、その操作量が実験的に求められて作成され、メモリ上に電子的に格納されているものである。

#### 【0063】

上記アクセル開度による加速判定のときは、その判定に基づいて言わば見込みでEGR弁操作量を決定するものであるが、次の燃料噴射量に基づく過渡判定は実際の加速要求を燃料噴射量に基づいてチェックし、その加速要求に合致した燃料噴射制御を行なうためのものである。

#### 【0064】

すなわち、燃料噴射量の今回値 $F$ と前回値 $F'$ とに基づいてその変化率 $F = F / F'$ が求められ、燃料噴射量 $F$ とエンジン回転数 $N_e$ とを用いて二次元マップから加速判定基準 $F_k$ を読み込む(ステップB8, B9)。この $F_k$ も上記 $cc$ と同様に設定されてメモリ上に電子的に格納されている。そして、噴射量変化係数 $= F / F_k$ が1よりも大のときに加速時の燃料噴射制御がなされ、小のときには定常時の排気還流制御がなされる(ステップB10, B11)。

#### 【0065】

< 定常時の排気還流制御 >

これは、図14に示されており、エンジン回転数 $N_e$ とアクセル開度 $Acc$ とを用いて図7の二次元マップ31より目標トルク $T_{trq}$ を読み込み、この $T_{trq}$ と $N_e$ とを用いて二次元マップ33より目標空燃比 $T_{A/F}$ を読み込み、目標吸入空気量 $T_Q = T_{A/F} \times F$ が求められる(ステップC1~C3)。そして、吸入空気量偏差 $Q_{err} = T_Q - Q_{av}$ が求められ、この偏差 $Q_{err}$ が零になるようにIPD制御によって基本EGR弁操作量 $T_{egr}$ を求める(ステップC4, C5)。

#### 【0066】

上述のNOxの低減とスモークの低減の両立が図れる空燃比はエンジン回転数 $N_e$ 及びエンジントルク $T_{trq}$ (換言すれば、燃料噴射量 $F$ )の各々によって少しずつ異なり、特に過給を行なう場合と行わない場合とでは比較的大きく異なる。つまり、過給を行なうと燃焼室での空気と燃料とのミキシングが良好になり、燃料の燃え残りが少なくなる(スモークが少なくなる)ため、過給状態(エンジン回転数高)と非過給状態(エンジン回転数低)とでは前者の方が目標空燃比をよりリッチ側に設定することが可能であり、そのことはNOxの低減に有利に働く。

#### 【0067】

そこで、アクセル開度変化量 $Acc$ の絶対値が所定閾値 $T_{hacc}$ よりも小さい状態が所定数 $n$ サイクル連続し且つ燃料噴射が行なわれている、という定常判定のための条件がチェックされる(ステップC6)。これは、このフローの制御はアイドル運転時及びその後の定常運転時におけるエミッションの向上を目的とするからである。なお、減速時( $F = 0$ )では排気還流は行なわれないため、EGR弁の開度は零となる。

#### 【0068】

定常運転が確認されると、先に求めた吸入空気量特性 $Q_{t'}(i)$ とEGR補正ゲイン $E(i)$ とによって気筒毎のEGR弁補正操作量 $T_{egr}(i)$ が求められる(ステップC7)。すなわち、 $T_{egr}(i) = Q_{t'}(i) \times E(i) + T_{egr}'(i)$ である。 $T_{egr}'(i)$ は当該気筒 $i$ のEGR弁補正操作量の前回値である。この積分は、 $Q_{t'}(i)$ の値自体は強調されたものであるが、EGR弁補正操作量をさらに気筒間の固体差に応じた適切な補正量に到達させるためのものである。

#### 【0069】

4気筒すべてのEGR弁補正操作量が求められると、この4気筒のEGR弁補正操作量の平均値 $T_{egr-av}$ が求められる。この平均値は本来は零になるべきものであるが、上記ステップC7の処理を行なうと、種々の要因でその平均値がマイナスになったりプラスになったりする。これでは、基本EGR弁操作量 $T_{egr}$ を基準として各気筒のEGR弁操作

10

20

30

40

50

量を補正制御する、という本来の目的が損なわれる。そこで、当該平均値にマイナスが出たらその絶対値を上記各気筒の  $T_{egr}(i)$  に加算し、プラスが出たら逆に減算することによって、平均値を常に零にする処理を毎行なう（ステップ C 8 , C 9）。このようにして得られた  $T_{egr}(i)$  を上記基本 EGR 弁操作量  $T_{egr}$  に加えて、各気筒の EGR 弁操作量  $T_{egr}(i)$  を求める（ステップ C 10）。

【 0 0 7 0 】

< 加速係数 に基づく加速判定時の排気還流制御 >

- 単一 EGR 弁の場合 -

図 1 3 のステップ B 6 において加速が判定されたとき、ステップ B 7 で求められる過渡時の目標 EGR 弁操作量  $K T_{egr}$  は、加速係数 及び TA/F の大きさに応じて異なり、加速係数 が大きいときには EGR 弁 1 4 の開度が零となる。よって、その場合は排気還流が行なわれないことによって、各気筒の吸入空気量が増大し、燃料噴射量が増大しても、スモーク量の増大を招くことなくエンジン出力を高めることができる。

10

【 0 0 7 1 】

但し、この場合は、EGR 弁 1 4 に対して後述するプリセットを与える制御を行ない、その後の排気還流制御に速やかに移行することができるようにする。

【 0 0 7 2 】

- EGR 弁のプリセット制御 -

EGR 弁 1 4 は、排気還流制御中においては EGR 通路 1 3 を閉じたときでも、弁本体 1 4 c がスプリング 1 4 d によって弁座に押圧される力が小さくなるように、ひいては押圧力が零となるように、所定の EGR 弁駆動負圧（プリセット負圧）を負圧室に及ぼすことによって、スプリング 1 4 d による閉方向の押圧力と EGR 弁駆動負圧とを釣り合わせるようにしている。すなわち、図 4 に示すように、プリセット負圧は、EGR 弁を閉方向に制御し EGR 弁リフト量が零に到達した時点の EGR 弁駆動負圧である。EGR 弁 1 4 にプリセット負圧を与えるための具体的な制御フローは図 1 5 に示されている。

20

【 0 0 7 3 】

すなわち、EGR 弁操作量  $T_{egr}$  が、EGR 弁リフト量が零となる操作量であるときは、リフトセンサ 1 9 の値  $EGRV_{lift}$  を読み込む（ステップ D 1 , D 2）。この  $EGRV_{lift}$  が EGR 弁リフト量零  $EGRV_0$  よりも大きいときは、 $EGRV_0$  となるまで EGR 弁駆動制御を行なう（ステップ D 3 , D 4）。つまり、上記 EGR 弁駆動負圧をプリセット負圧  $EGRV_0$  になるまで低下させる。排気還流のために EGR 弁操作量  $T_{egr}$  がプリセットが零とならない操作量であるときは、通常の EGR 弁駆動制御が行なわれる（ステップ D 1 D 4）。

30

【 0 0 7 4 】

以上の実施例は、リフトセンサ付きの EGR 弁の場合であるが、ステップ D 2 , D 3 でリフトセンサ 1 9 の代わりに EGR 弁駆動負圧を検出してプリセット状態を判定したり、図 1 6 に示すように EGR 弁リフト量と駆動量とが一定の関係にある場合に駆動量を検出してプリセット状態を判定してもかまわない。ここに、駆動量は、駆動負圧そのもの、又は該駆動負圧を発生させるための負圧制御用電磁弁のデューティ値のいずれであってもよい。

【 0 0 7 5 】

従って、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、加速応答性を高めるために排気還流量を零にしても、EGR 弁 1 4 にはプリセット負圧が作用しているから、その後に排気還流を再開するときには、 $T_{egr}$  の増大に応じて EGR 弁 1 4 が応答遅れをほとんど生ずることなく速やかに開動して、該  $T_{egr}$  の大きさに対応する予定の開度になる。よって、NOx の低減等に有利になる。

40

【 0 0 7 6 】

- 複数の EGR 弁を並列に備えている場合 -

図 1 7 に示す例は、EGR 通路 1 3 を途中で分岐させてから再び合流させる構成とし、分岐 EGR 通路 1 3 A , 1 3 B の各々に EGR 弁 1 4 A , 1 4 B を設けたものである。一方の分岐 EGR 通路 1 3 A は通路面積が小さく、そこに設けられている EGR 弁 1 4 A は

50

開度が通電量に応じて連続的に変化するリニア可変バルブである。他方の分岐 EGR 通路 13B は通路面積が上記分岐 EGR 通路 13A よりも大きく、そこに設けられている EGR 弁 14B は通電のオン・オフによって弁本体が開と閉の 2 位置に変化するオンオフバルブである。

【0077】

このように、リニア可変バルブ 14A の他にオンオフバルブ 14B を備えている場合の過渡時の制御フローを図 18 に示す。すなわち、現在の EGR 弁 14A の負圧値  $P_{egr}$  を負圧センサ 18 の出力から読み込む一方、当該過渡時の目標 EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  (図 13 のステップ B7) を用いて、目標とする EGR 弁駆動負圧  $T_{Pegr}$  をテーブル(予めメモリ上に電子的に格納されている  $K_{Tegr}$  と  $T_{Pegr}$  との対応関係を表わすテーブル)から読み込む(ステップ E1, E2)。そして、両者の差圧 ( $P_{egr} - T_{Pegr}$ ) が所定値  $T_{Hopen}$  よりも大きいときには、上記オンオフバルブ 14B を閉とし、そうでないときには、これを開とする(ステップ E3 ~ E5)。

10

【0078】

従って、エンジンの運転状態が定常状態から加速状態に移行したときは、先に説明したように、加速応答性を高めるために目標とする排気還流量が大から小に切り替わり(定常時  $T_{egr}$  過渡時  $K_{Tegr}$ )、 $P_{egr} - T_{Pegr} > T_{Hopen}$  の状態になるが、その際に上記オンオフバルブ 14B が直ちに閉となる。よって、排気還流量の低減が速やかに行なわれることになり、吸入空気量を急増させて加速応答性を高めることができる。また、このとき、リニア可変バルブ 14A は、過渡時  $K_{Tegr}$  に基づいて開度が制御されるため、 $NO_x$  量が過剰に増大することを防ぐことが可能である。

20

【0079】

一方、上記加速判定のないエンジンの定常運転時は、上記オンオフバルブ 14B は開であり、リニア可変バルブ 14A による EGR 通路 13 の開度調節によって排気還流量が制御されることになる。従って、エンジンの通常運転時における多量の排気を還流するための EGR 通路断面積は確保される。

【0080】

- EGR 弁駆動負圧経路を並列に備えている場合 -

この例では、図 19 に示すように、EGR 弁 14 の負圧通路 15 が通路 15a と通路 15b とに分岐し、通路 15a が電磁弁(リニア開閉弁) 17 に接続され、通路 15b にオンオフバルブ 61 が設けられている。通路径は、通路 15b の方が通路 15a よりも大きい。

30

【0081】

すなわち、エンジンが加速状態にあるときは、吸入空気量を速やかに増大させるために EGR 弁 14 を直ちに閉にすることが要求され、そのためには EGR 弁 14 の負圧室を大気圧にすればよい。しかし、電磁弁 17 は作動安定性を得るべく大気解放用通路に絞りが設けられているため、負圧大の状態から大気圧状態になるまでに時間がかかる。そこで、この例では上記オンオフバルブ 61 によって EGR 弁 14 を速やかに大気圧にすることができるようにしたものである。

40

【0082】

図 20 には本例の制御フローが示されている。現在の EGR 弁 14A の負圧値  $P_{egr}$  を負圧センサ 18 の出力から読み込む一方、当該過渡時の目標 EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  (図 13 のステップ B7) を用いて、目標とする EGR 弁駆動負圧  $T_{Pegr}$  をテーブル(予めメモリ上に電子的に格納されている  $K_{Tegr}$  と  $T_{Pegr}$  との対応関係を表わすテーブル)から読み込む(ステップ M1, M2)。そして、両者の差圧 ( $T_{Pegr} - P_{egr}$ ) が所定値  $T_{Hvopen}$  よりも大きいときには、上記オンオフバルブ 61 を開とし、そうでないときには、これを閉とする(ステップ M3 ~ M5)。

【0083】

従って、EGR 弁 14 を閉じる要求があり且つ上記負圧差が大きいときは、オンオフバ

50

ルブ 6 1 が開となることによって、EGR 弁 1 4 はその負圧室に通路 1 5 b を介して大気圧又は過給気が供給されることによって速やかに閉弁する。この速やかな閉弁には通路 1 5 b が大径であることも寄与する。

【 0 0 8 4 】

- 複数の EGR 弁を直列に備えている場合 -

図 2 1 に示すように、EGR 通路 1 3 に 2 つの EGR 弁 1 4 A , 1 4 B が直列配置で設けられており、一方の EGR 弁 1 4 A は開度が通電量に応じて連続的に変化するリニア可変バルブであり、他方の EGR 弁 1 4 B は通電のオン・オフによって弁本体が開と閉の 2 位置に変化するオンオフバルブである。

【 0 0 8 5 】

加速判定時における排気還流制御のフローは図 2 2 に示されている。すなわち、吸入空気量の偏差  $Q_{err}$  を読み込む一方、燃料噴射量  $F$  及びエンジン回転数  $N_e$  を用いてマップより偏差閾値  $THQ_{err}$  を読み込む (ステップ F 1 , F 2 )。この閾値  $THQ_{err}$  は加速要求度の大小に係るものであり、燃料噴射量  $F$  が多くなるほど、また、エンジン回転数  $N_e$  が低くなるほど、 $THQ_{err}$  が小さくなるように設定されてメモリ上に電子的に格納されているものである。そして、上記偏差  $Q_{err}$  が偏差閾値  $THQ_{err}$  よりも小さいときはオンオフバルブ 1 4 B は開のままであるが、偏差  $Q_{err}$  が偏差閾値  $THQ_{err}$  以上に大きくなると、オンオフバルブ 1 4 B が閉に制御される (ステップ F 3 ~ F 5 )。

【 0 0 8 6 】

従って、加速要求度が高いときには EGR 通路 1 3 がオンオフバルブ 1 4 b によって直ちに閉じられるため、吸入空気量を速やかに増大させてスモークを抑えながら燃料の増量による加速を図ることができる。

【 0 0 8 7 】

< 噴射量変化係数 による加速判定時の制御 >

- 排気還流制御・燃料噴射量制御 (本発明の参考例) -

これは、図 2 3 に示されており、先の過渡判定で加速状態が判定されたとき、噴射量変化係数、燃料噴射量  $F$  及びエンジン回転数  $N_e$  を用いて、これらの変化における最適な過渡時目標空燃比  $KTA/F$  を記録した三次元マップを参照し、 $KTA/F$  を読み込む (ステップ G 1 )。この過渡時目標空燃比  $KTA/F$  は、排気還流量を低下させることによって、スモークの発生を抑えながら速やかにエンジン出力を高めることができるように、定常時の目標空燃比  $TA/F$  よりもリーン側に設定されている。この  $KTA/F$  は、燃料噴射量  $F$  に応じて低負荷側ほど、また、噴射量変化係数が大きいほど、さらにはエンジン回転数  $N_e$  が低いほど、それぞれリーン側になるように設定されており、それぞれの変化における最適な目標空燃比が実験的に求められてメモリ上に電子的に格納されている。

【 0 0 8 8 】

得られた過渡時目標空燃比  $KTA/F$  と燃料噴射量  $F$  とに基づいて過渡時の目標吸入空気量  $TQ$  が算出される (ステップ G 2 )。そして、この  $TQ$  に基づいて、先の定常運転時と同様に EGR 弁操作量が決定され、排気還流量の速やかな低減制御が行なわれる。

【 0 0 8 9 】

これにより、過給機 7 に与えられる排気エネルギーがさらに増大するため、吸入空気量が速やかに増大していった、アクセルペダルの踏込みに対する加速の応答遅れ、所謂ターボラグが防止される。

【 0 0 9 0 】

一方、アクセルペダルの踏込みによって燃料が増量すると空燃比がリッチになっていくため、それだけスモークの低減の面では不利になる。そこで、燃料の増量を一時的に抑制すべくその増量に一定の制限を与える。すなわち、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $N_e$  のマップより限界空燃比  $LimitA/F$  を読み込む (ステップ G 3 )。この限界空燃比  $LimitA/F$  は、スモークの発生を抑えるためのものであり、且つその限界スモーク量は定常時の限界スモーク量よりも多くしている。例えば 2 BU 程度のスモーク量となるようにするものであり、この程度であれば、エンジンの出力トルクの増大に支障はない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 1 】

上記定常時の目標空燃比  $T A/F$ 、過渡時の目標空燃比  $K T A/F$  及び限界空燃比  $Limit A/F$  の関係は図 2 4 に示す通りであり、基本的には、定常時の目標空燃比  $T A/F$  よりもリーン側に過渡時の目標空燃比  $K T A/F$  が設定され、定常時の目標空燃比  $T A/F$  よりもリッチ側に限界空燃比  $Limit A/F$  が設定されている。この限界空燃比  $Limit A/F$  は、基本的には燃料噴射量が多いほどリーン側に、また、エンジン回転数が高いほどリッチ側に設定することができ、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $N_e$  の変化における、実験的に求めた最適な値をメモリ上に電子的に記録している。

## 【 0 0 9 2 】

得られた限界空燃比  $Limit A/F$  と現在の吸入空気量  $Q(i)$  とに基づいて燃料噴射量のリミット  $F_{Limit}$  が算出され、基本噴射量  $F$ 、リミット  $F_{Limit}$  及び最大噴射量  $F_{max}$  のうちの最も少ない値が目標噴射量  $T F$  として設定される（ステップ G 4, G 5）。基本噴射量  $F$  は、エンジン回転数  $N_e$  とアクセル開度  $Acc$  によって一義的に定まる燃料噴射量であり、最大噴射量  $F_{max}$  は、当該エンジンの破壊を招かない燃料噴射量の上限值である。

10

## 【 0 0 9 3 】

従って、過渡時に排気還流量が低減しても、燃料噴射量の過度の増大が抑えられるため、スモーク量の過度の増大を抑えながら、加速要求を満たすことができる。

## 【 0 0 9 4 】

- 排気還流量と燃料噴射量の並行制御 -

先の制御は排気還流制御を行ないながら燃料噴射量を制限するというものであったが、この並行制御は、燃料噴射量に関しても目標空燃比に基づいて制御するものであり、図 2 5 に示されている。

20

## 【 0 0 9 5 】

すなわち、先の過渡判定で加速状態が判定されたとき、噴射量変化係数、燃料噴射量  $F$  及びエンジン回転数  $N_e$  を用いて、これらの変化における過渡時排気還流制御用の最適目標空燃比  $K T A/F$  を記録した三次元マップを参照し、 $K T A/F$  を読み込む（ステップ P 1）。この過渡時排気還流用の目標空燃比  $K T A/F$  は、先の場合と同様に定常時の目標空燃比  $T A/F$  よりもリーン側に設定されたものである。

## 【 0 0 9 6 】

アクセルペダルの踏み込みによって燃料が増量すると空燃比がリッチになっていくため、それだけスモークの低減の面では不利になる。そこで、スモーク量の過度の増大を招くことなくエンジン出力を増大させることができる、燃料噴射量制御用の目標空燃比  $K F T A/F$  を燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $N_e$  のマップより読み込む（ステップ P 2）。この  $K F T A/F$  は、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $N_e$  の変化における、実験的に求めた最適な値がメモリ上に電子的に格納されているものである。すなわち、この燃料噴射量制御用の  $K F T A/F$  は、上記臨界空燃比  $Limit A/F$  と同様に定常時の目標空燃比  $T A/F$  よりもリッチ側に設定されていて、その設定の根拠となる限界スモーク量は定常時の限界スモーク量よりも多い、例えば 2 B U 程度のスモーク量である。

30

## 【 0 0 9 7 】

排気還流制御に関しては、得られた目標空燃比  $K T A/F$  と燃料噴射量  $F$  とに基づいて過渡時の目標吸入空気量  $T Q$  が算出される（ステップ P 3）。そして、この  $T Q$  に基づいて、先の定常運転時と同様に過渡時の E G R 弁操作量  $K T_{egr}$  が決定され、排気還流量の速やかな低減制御が行なわれる（ステップ P 4）。これにより、過給機 7 に与えられる排気エネルギーがさらに増大するため、吸入空気量が速やかに増大していった、アクセルペダルの踏み込みに対する加速の応答遅れ、所謂ターボラグが防止される。

40

## 【 0 0 9 8 】

燃料噴射量制御に関しては、得られた目標空燃比  $K F T A/F$  と現在の吸入空気量  $Q(i)$  とに基づいて過渡時燃料噴射量  $K F$  が算出される（ステップ P 5）。そして、この過渡時燃料噴射量  $K F$  及び最大噴射量  $F_{max}$  のうちの最も少ない値が目標噴射量  $T F$  として設定される（ステップ P 6）。

50

## 【 0 0 9 9 】

従って、過渡時（加速時）には、スモーク量が角に増大しない範囲で定常時よりも積極的に多くの燃料を噴射することができ、これにより、エンジン出力トルクが上昇するとともに、過給機 7 に与えられる排気エネルギーが増大し、加速性向上に有利になる。

## 【 0 1 0 0 】

- VGT 制御 -

次に上記加速判定時に行なう VGT 過給機 7 の制御について説明する。すなわち、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定がなされたときは、目標トルク  $Trq_{sol}$  及びエンジン回転数  $Ne$  を用い、マップ 51 から目標ターボ効率  $VGT_{sol}$  を読み込む。そして、得られた  $VGT_{sol}$  に基づいて VGT 過給機 7 のフラップ 7b の回動位置、すなわち、A/R を調節する。

10

## 【 0 1 0 1 】

従って、加速時には、それまでの多量の排気還流によって当該過給機 7 に与えられる排気エネルギーが少なくなっているにもかかわらず、上記 A/R が小さくなることによって過給効率が高まり、吸入空気量を増大させて所期の加速性能を得ることができる。

## 【 0 1 0 2 】

- 燃料噴射時期進角制御 -

次に加速時に行なう燃料噴射時期進角制御について説明する。すなわち、このエンジンにおいては、定常時の燃料噴射時期は、MBT よりもかなり遅角した位置に設定され、燃料噴射量の増大に応じて漸次進角するように制御されている。これに対して、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定がなされたときは、この  $\beta$  の大きさに応じて噴射時期が定常時の対応する噴射時期よりもさらに進角される。

20

## 【 0 1 0 3 】

この噴射時期の進角は、それによって着火が遅れることから、燃料と空気の混合が良好になり、急速燃焼を生ずる、という効果を招く。従って、 $NO_x$  が増える一方、スモークは減ることになる。しかし、もともと多量の排気還流によって空燃比がリッチになっており、上述の如く加速時の進角を大きくしても、 $NO_x$  が過度に増大することはなく、かえってこの進角制御によってスモークが減るという有利な効果が得られる。

## 【 0 1 0 4 】

-  $\beta$  による加速判定時の制御と  $\beta$  による加速判定時の制御との関係 -

加速係数  $\beta$  による加速判定時の上述した各 EGR 弁制御は、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定時に行なうこともでき、また、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定時の上述した VGT 制御及び噴射時期進角制御は加速係数  $\beta$  による加速判定時に行なうこともできる。

30

## 【 0 1 0 5 】

< エアフローセンサ 6 と  $O_2$  センサ 9 との使い分け >

- センサの特性 -

エアフローセンサ 6 は、その特性を図 26 に示すように、流量  $Q$  が多くなるに従って検出誤差  $\Delta Q$  が大きくなるが、この  $\Delta Q$  の上昇度は流量  $Q$  の上昇度に比べて小さい。このため、図 27 に示すように、流量誤差率  $\Delta Q / Q$  は低流量領域では大きいが高流量領域では小さい。これに対して、ポンプ電流発生タイプのリニア  $O_2$  センサ 9 の場合は、図 28 に示すように空燃比が上昇するに従ってその検出誤差率  $E$  が大きくなる。また、 $O_2$  センサ 9 によって求まる吸入空気量は、現在吸気行程に在る気筒のものではなく、吸気行程の時期が数気筒前のものに吸入される空気量である。

40

## 【 0 1 0 6 】

そこで、このような両センサ 6, 9 を、各々の利点を十分に生かすことができるように切り替えて各気筒の吸入空気量の測定に使用することになる。すなわち、エンジンの運転領域の如何、並びに両センサの精度比較結果に基づいて、両センサ 6, 9 の使用を切り替える。

## 【 0 1 0 7 】

- センサの切替フロー -

このフローは図 29 に示されている。先に説明した過渡判定によって過渡（加速状態）

50

が判定されると、エアフローセンサ6によって求まる吸入空気量が選択されて図7のEGR弁駆動量切替部49において該センサ6によるEGR弁制御に切り替えられ、過渡時の排気還流制御(A/F制御)が行なわれる(ステップH1~H5)。O<sub>2</sub>センサによる場合は、数気筒前の吸入空気量を検出することになるために応答遅れを生ずるが、エアフローセンサ6の出力による場合はそのような遅れがないため、過渡時において排気還流量を速やかに低減させて加速応答性を高めることができる。

【0108】

エンジンが定常の運転状態であれば、エアフローセンサ6及びO<sub>2</sub>センサ9のうちの一方を選択する判定が行なわれる(ステップH6,この点は後述する)。O<sub>2</sub>センサ9が選択された場合には、このセンサ9によって検出されるO<sub>2</sub>濃度を用い、図30に示すようなO<sub>2</sub>濃度と空燃比との関係を表わすメモリ上に電子的に格納されたマップを参照して空燃比A/Fが求められ、このA/Fと、これに対応する数気筒前の燃料噴射量とに基づいてそのときの吸入空気量が算出されて、制御に使用すべき吸入空気量が該O<sub>2</sub>センサ9による吸入空気量に切り替えられる(ステップH7~H10)。そして、図7のEGR弁駆動量切替部49においてO<sub>2</sub>センサ9によるEGR弁制御に切り替えられ、定常時の排気還流制御(A/F制御)が行なわれる(ステップH11, H12)。

10

【0109】

一方、エアフローセンサ6が選択された場合には、制御に使用すべき吸入空気量が該センサ6による吸入空気量に切り替えられ、該センサ6によるEGR弁制御に切り替えられ、定常時の排気還流制御(A/F制御)が行なわれる(ステップH7 H13 H14 H12)。

20

【0110】

従って、定常時にはエアフローセンサ6とO<sub>2</sub>とのうちの精度の良い方が用いられるため、所期の制御をするうえで有利になり、また、O<sub>2</sub>センサ9が選択された場合でも定常運転時であるから、問題はない。

【0111】

- センサの選択フロー -

このフローは図31に示されている。エンジンの運転状態(エンジン回転数、アクセル開度等)を読み込み、メモリ上に電子的に格納されているマップを参照して吸入空気流量が大の運転領域にあるときはエアフローセンサ6を選択する(ステップJ1~J3)。図27から明らかなように、吸入空気流量大のときは、エアフローセンサ6の検出誤差率が小さいから、吸入空気流量を精度良く検出することができ、また、この検出結果に基づいてリアルタイムで制御を実行することができる。

30

【0112】

図32には当該運転領域の判定に使用するマップが示されている。これは、エンジン回転数及びエンジン負荷の変化における、吸入空気流量小の領域(斜線部分)を示すものであり、実験的に求めて設定されている。基本的にはエンジン回転数が高い領域ではエアフローセンサ6が選択され、エンジン回転数が低い領域ではO<sub>2</sub>センサ9が選択されることになる。

【0113】

40

吸入空気流量が小のとき運転領域にあるときは、エアフローセンサ6の出力に基づいて吸入空気流量における検出誤差AFErrorを図27に対応するマップを参照して読み出す(ステップJ4)。また、O<sub>2</sub>センサ9の出力に基づいてO<sub>2</sub>濃度を読み込み、該センサ9での検出誤差O<sub>2</sub>errorを図28に対応するマップを参照して読み出すが、このO<sub>2</sub>濃度が所定量以上のときは吸入空気量の測定にエアフローセンサ6を選択する(ステップJ5, J6)。

【0114】

ここでいうO<sub>2</sub>濃度が所定量以上のときは、空燃比が $\phi = 1$ を越えて所定レベル以上にリーンになった運転領域(例えばA/F 40のとき)であり、このときは図13から明らかなようにO<sub>2</sub>センサ9の検出誤差が大きくなるため、エアフローセンサ6を吸入

50

空気量の測定に選択するものである。

【0115】

これに対して、 $O_2$  濃度が所定量未満のときは、両センサ6, 9の検出誤差を比較し、エアフローセンサ6の検出誤差の方が小さいときには該センサ6を吸入空気量の測定に選択し、 $O_2$  センサ9の検出誤差の方が小さいときは該センサ9を吸入空気量の測定に選択する(ステップJ7~J9)。従って、低流量領域では吸入空気量の測定に精度の良い $O_2$  センサ9を使用するのであるが、その場合でも、空燃比が所定レベル以上にリーンのとき、また、当該センサ9の検出誤差が大きいときにはエアフローセンサ6を使用することにより、最適化が図られている。

【0116】

但し、上記切替方式に代えて、図33に示すように例えば空燃比がA/F 40のリーンとなるアイドル運転領域ないしは低負荷運転領域においてエアフローセンサ6を用い、かかる運転領域において、特にアイドル運転領域において $NO_x$ の低減のために排気還流量を多くすることによって空燃比がリッチ側に移行したときに $O_2$  センサ9を用いるようにしてもよい。

【0117】

< EGR率の気筒間ばらつき解消制御 >

この制御は、EGR率の気筒間ばらつきを少なくするものである。

【0118】

- EGR率の気筒間ばらつきについて -

排気の還流は吸気通路2の管内圧力と排気通路3の管内圧力との差によって生ずる。図1に示すようにEGR通路を1本しか備えていない場合、吸気通路2のEGR通路接続位置での管内圧力及び排気通路3のEGR通路接続位置での管内圧力は、クランク角度の変化によって例えば図34に示すような変化をする。この圧力脈動は、エンジン回転数2000rpmの場合であり、吸気通路側の管内圧力を「In」の記号で表わし、排気通路側の管内圧力を「Ex」で表わしている。この「In」と「Ex」の差圧の変化は図35に示す通りであり、この差圧によって、図36に破線で示すように、排気(既燃ガス)が間欠的に吸気通路に流入する。図36の実線は吸気通路2を流れる吸入空気(還流排気を含む)の流量の変化を表わす。

【0119】

エンジン回転数1500rpm及び1000rpmの各々における上記「In」及び「Ex」の変化は図37、図38にそれぞれ示す通りである。図34との比較から明らかのように、「In」及び「Ex」の変化の態様はエンジン回転数によって異なる。各エンジン回転数での差圧の変化をまとめて表わすと図39のようになり、エンジン回転数によって差圧のピーク位置、ピーク高さが異なり、しかも、クランク角度によってピーク高さの逆転が見られる。例えば、180度付近では1500rpmが高く1000rpmが低いが、540度付近では1000rpmが高く2000rpmが低い。

【0120】

このため、各気筒のEGR率のエンジン回転数による変化をみると、図40に破線で示すものになる。すなわち、各気筒#1~#4に対するEGR率がエンジン回転数によって逆転する現象を生じている。これが、ここで問題とするEGR率の気筒間ばらつきである。

【0121】

- EGR操作量の補正による気筒間ばらつきの解消 -

そこで、上記エンジン回転数と各気筒のEGR率との関係に基づいて、このEGR率に関する気筒間の固体差を小さくするためのEGR弁操作量 $T_{egr(i)}$ の補正係数をエンジン回転数に依りて実験的に求めてメモリ上に電子的に格納しておく。そして、エンジン回転数 $N_e$ を用いて上記補正係数をメモリから演算し、この補正係数に基づいて上記EGR弁操作量 $T_{egr(i)}$ を補正してEGR弁14の制御に用いる。

【0122】

10

20

30

40

50

これにより、EGR率に関する気筒間の固体差に拘らず、すべての気筒の空燃比を目標空燃比T A/Fに合わせ込むことができ、NO<sub>x</sub>低減とスモーク低減の両立に有利になる。

【0123】

- 複数のEGR管の択一使用による気筒間ばらつきの解消 -

図41に示すように、吸気通路2と排気通路3とは、EGR管13A(EGR1)とEGR管13B(EGR2)によって接続され、各々にEGR弁14A(EGR1)、14B(EGR2)が設けられている。このEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)は、吸気通路2に対して互いに吸気の流れ方向に位置をずらして接続され、また、排気通路3に対しても同様に位置をずらして接続されている、互いに独立した通路である。EGR弁14A(EGR1)、14B(EGR2)には各々別個の開度調節手段が設けられていて、互いに独立して制御可能に構成されている。

10

【0124】

EGR率の気筒間ばらつきは、エンジン回転数によって排気脈動や吸気脈動が異なることに起因するが、このような脈動はEGR通路が吸気通路2や排気通路3に対して接続される場所によってその態様が異なる。ここでは、そのことを利用して当該気筒間ばらつきを解消すべく、上述の如く2本の独立したEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を設け、各々を吸気通路2における吸気脈動の態様が異なる位置に、また排気通路3における排気脈動の態様が異なる位置に接続しているものである。すなわち、エンジン回転数に応じてEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を選択して使用すれば(両者の併用を含む)、当該気筒間ばらつきを解消することができる。

【0125】

- 具体的な制御内容 -

図42に示すように、エンジンの運転領域を所定のエンジン回転数 $N_e - EXC$ を基準としてそれよりも低い領域 $N1$ と高い領域 $N2$ とに区分し、低領域 $N1$ においてEGR管13A(EGR1)を用い、高領域 $N2$ においてEGR管13B(EGR2)を用いるようにする。また、エンジン回転数に基づく当該切替にヒステリシス $THN1$ 、 $THN2$ を設ける。

20

【0126】

すなわち、図43に示すように、エンジンの定常運転時において、始めは現在の領域を $N1$ としてエンジン回転数 $N_e$ を読み込む(ステップ $K1$ 、 $K2$ )。現在領域がいずれかを判断するが、現在領域は $N1$ であるから、領域切替のエンジン回転数 $N_e - HYS1$ をヒステリシスの上限にセットする(ステップ $K3$ 、 $K4$ )。そして、上記エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの上限よりも高いときは領域を $N2$ にセットし、EGR管13A(EGR1)を主制御に供し、EGR管13B(EGR2)を従制御に供する(ステップ $K5 \sim K7$ )。主制御及び従制御の意味は後述する。当該エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの上限以下のときは、領域は $N1$ のままとしてEGR管13B(EGR2)を主制御に供し、EGR管13A(EGR1)を従制御に供する(ステップ $K8$ )。

30

【0127】

一方、ステップ $K3$ における領域判断が $N2$ であれば、領域切替のエンジン回転数 $N_e - HYS2$ をヒステリシスの下限にセットする(ステップ $K3 \sim K9$ )。そして、上記エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの下限よりも低いときは領域を $N1$ にセットし、EGR管13B(EGR2)を主制御に供し、EGR管13A(EGR1)を従制御に供する(ステップ $K10 \sim K12$ )。当該エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの下限以上のときは、領域は $N2$ のままとしてEGR管13A(EGR1)を主制御に供し、EGR管13B(EGR2)を従制御に供する(ステップ $K10 \sim K13$ )。

40

【0128】

ここに、主制御は、吸入空気量に基づいて先に説明した目標空燃比T A/F(NO<sub>x</sub>の低減とスモークの低減の両立が図れる空燃比)となるようにEGR弁をフィードバック制御することを意味する。例えば、当該EGR管が閉状態であったときに主制御に移行すると、図44に示すように当該EGR弁の開度が増大して目標開度に収束していく。一方、従制御は、EGR弁をその開度が所定の変化率で全閉まで変化するようにオープン制御することを意味する。

50

## 【 0 1 2 9 】

従って、上記エンジン回転数に基づく E G R 管 1 3 A (EGR1) , 1 3 B (EGR2) の切替により、排気還流に影響を及ぼす脈動特性が変わり、図 4 0 に実線で示すように各気筒 # 1 ~ # 4 の E G R 率の大小がエンジン回転数によって逆転することを避けることができ、且つ気筒間の E G R 率の差を全エンジン回転数においてほぼ均等なものにすることが可能になる。

## 【 0 1 3 0 】

この実施例では、N1, N2 の 2 つの領域に区分した場合を説明したが、2 つの領域に限定されず、複数の領域 N1, N2, ... Nk に区分した場合も同様である。

## 【 0 1 3 1 】

よって、このような気筒間の E G R 率の差については、これを気筒間の固体差として扱い、気筒毎の排気還流制御 ( E G R 率の制御 ) においてその固体差に応じた重みづけを各々の制御量に与えることによって、各気筒の E G R 率や空燃比に差を生ずることを避けることができる。すなわち、NOx やスモークの発生量が気筒間でばらついてエンジン全体としての NOx やスモークの発生量が多くなる、という問題を解消することができる。

## 【 0 1 3 2 】

なお、図 4 0 に実線で示す結果は、エンジン回転数 1 7 5 0 r p m で領域を分けて E G R 管 1 3 A (EGR1) , 1 3 B (EGR2) を切替使用した例のものである。また、同図では、各気筒の E G R 率の差を明瞭にするため、E G R 率のスケールをかなり拡大して描いている。

## 【 0 1 3 3 】

また、E G R 管の長さやボリューム ( 容積 ) が変わると、E G R 率に影響を与える吸気脈動と排気脈動との関係 ( 位相的關係 ) が変化するため、このことを利用して、上記の場合と同様の制御により上記気筒間ばらつきを解消することもできる。

## 【 0 1 3 4 】

図 4 5 は E G R 管の長さをエンジン回転数の変化に応じて変える場合の通路構成を示す。すなわち、吸気通路と排気通路とに両端が接続された 1 本の E G R 管 1 3 は、途中部分が長さの短い E G R 管 1 3 A と長い E G R 管 1 3 B とに分かれており、その各々に開閉弁 1 3 a , 1 3 b が設けられており、駆動源 6 2 により両開閉弁 1 3 a , 1 3 b のいずれか一方を開とすると、他方が閉となるように連動させて、E G R 管 1 3 A と E G R 管 1 3 B とを選択使用して、気筒間ばらつきを解消するものである。この E G R 管 1 3 A と E G R 管 1 3 B との間での切り替えは両管の分岐点に 1 のバルブを配置して連通方向を切り替える方式であっても、各管にバルブを設けてその各々の個別に作動させるものであってもよい。

## 【 0 1 3 5 】

図 4 6 は分岐した 2 つの E G R 管 1 3 A , 1 3 B のうちの一方のみに開閉弁 1 3 a を設け、該開閉弁 1 3 a を開閉させることによって、短い E G R 管 1 3 A のみを用いる場合と両 E G R 管 1 3 A , 1 3 B を用いる場合とに切り替えて気筒間ばらつきを解消するものである。

## 【 0 1 3 6 】

また、E G R 管の通路長さを切り替える手段としては、該管の途中に蛇腹その他の伸縮部を設け、該伸縮部の長さを変化させるようなものであってもよい。さらに、E G R 管のボリュームを変える場合には、該 E G R 管の途中にチャンバーを接続し、該チャンバーにその容積を変化させるためのピストンを配置し、このピストンを駆動するようにすればよい。

## 【 0 1 3 7 】

< 複数の E G R 管の使用本数の切替 >

排気還流の要求量は、エンジンの運転状態その他によって異なる。そこで、図 4 1 に示すように複数の E G R 管 1 3 A (EGR1) , 1 3 B (EGR2) を設けて、エンジンの運転状態に応じて、その使用本数を切り替えるものである。

## 【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

50

- 制御の内容 -

EGR管使用本数の切替制御の内容は図47に示されている。EGR併用判断は、エンジンの運転状態に応じてEGR管13A(EGR1)及び13B(EGR2)を併用するか、いずれか一方を用いるかの判断を行なうものである(ステップL1)。すなわち、燃料噴射量Fを用いて、それが減少しているときは両EGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を併用し、燃料噴射量Fが減少していない定常運転時並びに加速運転時は両EGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)のうちのいずれか一方を選択して使用する。この択一使用は、上述のEGR率の気筒間ばらつきをなくするための運転領域N1、N2による切替制御によって行なう。

【0139】

両EGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)の併用が判断された場合には併用中フラグをセットし、現在閉じているEGR管がEGR管13A(EGR1)であれば、該EGR管13A(EGR1)のEGR弁14A(EGR1)を全開にセットして、EGR管13B(EGR2)のEGR弁14B(EGR2)を吸入空気量に基づいてフィードバック制御する(ステップL2~L6)。現在閉じているEGR管がEGR管13B(EGR2)であれば、該EGR管13B(EGR2)のEGR弁14B(EGR2)を全開にセットして、EGR管13A(EGR1)のEGR弁14A(EGR1)を、検出吸入空気量に基づいて要求開度(目標空燃比T A/Fが得られるEGR量)となるように気筒毎にフィードバック制御する(ステップL4、L7、L8)。

【0140】

両EGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を併用する運転状態でないと判断された場合には、現在が併用中であり且つEGR管13A(EGR1)のEGR弁14A(EGR1)を吸入空気量に基づいてフィードバック制御しているときは、全開になっている他方のEGR弁14B(EGR2)の目標開度を全閉にセットする(ステップL9~L11)。そして、このEGR弁14B(EGR2)が全閉になったときに併用中フラグをリセットする(ステップL12、L13)。現在が併用中でEGR管13B(EGR2)のEGR弁14B(EGR2)を吸入空気量に基づいてフィードバック制御しているときは、EGR弁14A(EGR1)の目標開度を全閉にセットし、このEGR弁14A(EGR1)が全閉になったときに併用中フラグをリセットする(ステップL14、L15)。

【0141】

従って、排気還流(EGR)の要求量が急増したときに、上記両EGR通路13A、13Bを併用することによって、その要求に見合うように実際のEGR量を急増させることができる。

【0142】

すなわち、図48に示すように、減速時、すなわち、アクセルペダルの踏込みが戻されて燃料噴射量が減少していくときは、EGRの要求量が急増する。これは、空燃比が過度にリーンになってNOx量が増大することを避けるためである。しかし、同図の中段に示すように、EGR通路が1本であるときには、そのEGR弁をフィードバック制御する関係で実際のEGR量を要求に見合うように急増させることはできない。これに対して、上記併用制御を行なうことによって、同図の下段に示すように、実際のEGR量を要求に見合うように急増させることができ、一時的に空燃比が過度にリーンになってNOxが急増することを避けることができる。

【0143】

なお、上記例はエンジンの運転状態に基づいてEGR管の併用判断を行なうようにしているが、排気通路3に触媒コンバータ12を設けている場合には、これが排気中の微粒子成分等によって目詰りを起こして排圧が上昇し、また、そのような目詰り物が除去されることによって排圧が低下する、というように排圧が変化することがある。また、VGT過給機との併用の場合においてもVGTの可変ペーンの位置によって排圧が変化する。この排圧の変化はEGR通路によるEGR量に直接影響を及ぼす。従って、例えば、排圧が高いときは1本のEGR管で排気還流制御を行ない、排圧が低いときには複数本のEGR管で排気還流制御を行なうようにしすることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

- 【図1】 エンジンの全体構成図。
- 【図2】 EGR弁及びその駆動系の構成図。
- 【図3】 EGR弁の駆動電流と駆動負圧との関係を示すグラフ図。
- 【図4】 EGR弁の駆動負圧とそのリフト量との関係を示すグラフ図。
- 【図5】 VGT過給機の一部をA/R小の状態を示す正面図。
- 【図6】 VGT過給機の一部をA/R大の状態を示す正面図。
- 【図7】 エンジンの制御系の構成図。
- 【図8】 空燃比とNO<sub>x</sub>排出量との関係を示すグラフ図。
- 【図9】 空燃比とスモーク値との関係を示すグラフ図。
- 【図10】 制御の全体フローを示す図。 10
- 【図11】 エンジンの吸入空気流量の時間変化を示すグラフ図。
- 【図12】 吸入空気量算出のフロー図。
- 【図13】 過渡判定のフロー図。
- 【図14】 EGR弁操作量算出のフロー図。
- 【図15】 プリセットを与える制御のフロー図。
- 【図16】 EGR弁リフト量と駆動量との関係を示すグラフ図。
- 【図17】 他のエンジン構成図。
- 【図18】 EGR弁並列配置の場合のEGR弁オン・オフ制御のフロー図。
- 【図19】 駆動負圧経路を並列に備えているEGR弁の構成図。
- 【図20】 駆動負圧経路を並列に備えているEGR弁の制御フロー図。 20
- 【図21】 2つのEGR弁を直列配置したEGR通路を示す構成図。
- 【図22】 EGR弁直列配置の場合のEGR弁オン・オフ制御のフロー図。
- 【図23】 過渡時の燃料噴射量制御のフロー図。
- 【図24】 定常時の目標空燃比、過渡時の目標空燃比及び過渡時の限界空燃比の関係を示すグラフ図。
- 【図25】 過渡時の排気還流と燃料噴射の並行制御のフロー図。
- 【図26】 エアフローセンサの出力と検出流量・検出誤差との関係を示すグラフ図。
- 【図27】 エアフローセンサの出力と検出誤差率との関係を示すグラフ図。
- 【図28】 リニアO<sub>2</sub> センサの出力と空気過剰率・検出誤差との関係を示すグラフ図。 30
- 【図29】 センサ切替制御のフロー図。
- 【図30】 排気のO<sub>2</sub> 濃度と空燃比との関係を示すグラフ図。
- 【図31】 センサ選択制御のフロー図。
- 【図32】 センサ選択のためのエンジン運転領域判定用のマップ図。
- 【図33】 センサ選択のための他のエンジン運転領域判定用のマップ図。
- 【図34】 エンジン回転数2000rpmでの吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。
- 【図35】 エンジン回転数2000rpmでの吸気と排気の差圧変動を示すグラフ図。
- 【図36】 エンジン回転数2000rpmでの吸入空気量及びそのなかに含まれるEGR量の変動を示すグラフ図。
- 【図37】 エンジン回転数1500rpmでの吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。 40
- 【図38】 エンジン回転数1000rpmでの吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。
- 【図39】 複数のエンジン回転数における吸気と排気の差圧変動を示すグラフ図。
- 【図40】 従来のもとの本発明とに関し各気筒のEGR率のエンジン回転数による変化を示すグラフ図。
- 【図41】 他のエンジン構成図。
- 【図42】 エンジン回転数に基づくエンジン運転領域の区分を示す図。
- 【図43】 EGR管の選択制御のフロー図。
- 【図44】 EGR管切替時のEGR弁開度変化を示すグラフ図。
- 【図45】 長さの異なる2つの通路にバルブを備えたEGR管の構成図。
- 【図46】 長さの異なる2つの通路を備えたEGR管の他の例を示す図。 50

【図47】 EGR管併用制御のフロー図。

【図48】 2本のEGR管併用時と単一EGR管使用時とに関し減速時のEGR量の経時変化を示すグラフ図。

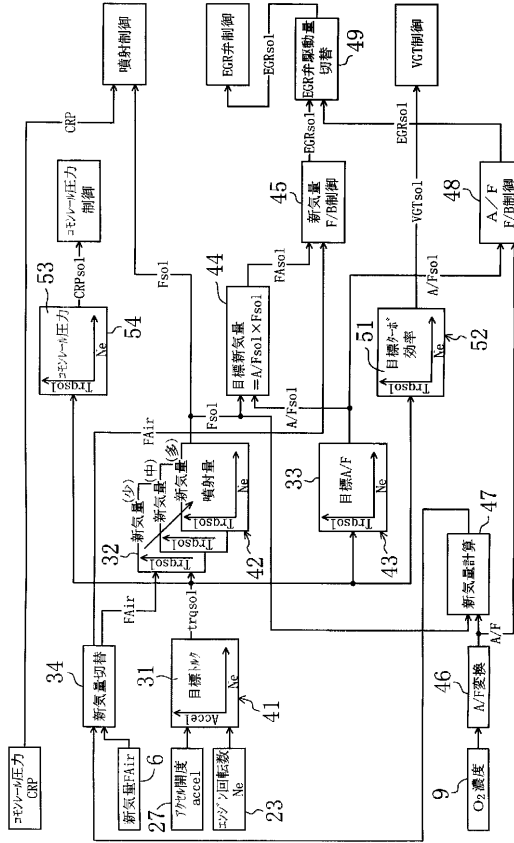
【図49】 各気筒のEGR率及び吸入空気量偏差を示すグラフ図。

【符号の説明】

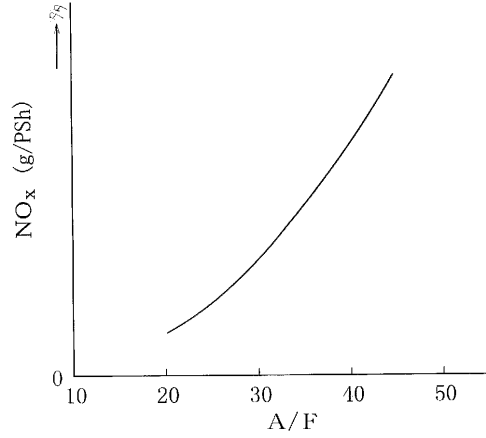
- |     |                       |    |
|-----|-----------------------|----|
| 1   | 4気筒ディーゼルエンジン本体        |    |
| 2   | 吸気通路                  |    |
| 3   | 排気通路                  |    |
| 4   | 燃料噴射弁                 |    |
| 5   | コントロールユニット            | 10 |
| 6   | エアフローセンサ              |    |
| 7   | VGT過給機                |    |
| 9   | リニアO <sub>2</sub> センサ |    |
| 13  | EGR通路                 |    |
| 13A | EGR通路(又はEGR管)         |    |
| 13B | EGR通路(又はEGR管)         |    |
| 14  | EGR弁                  |    |
| 14A | EGR弁                  |    |
| 14B | EGR弁                  |    |
| 15  | 負圧通路                  | 20 |
| 16  | 負圧ポンプ                 |    |
| 17  | 負圧制御用電磁弁              |    |
| 18  | 負圧センサ                 |    |
| 19  | EGR弁リフトセンサ            |    |
| 23  | クランク角度センサ             |    |
| 24  | 燃料噴射ポンプ               |    |
| 27  | アクセル開度センサ             |    |



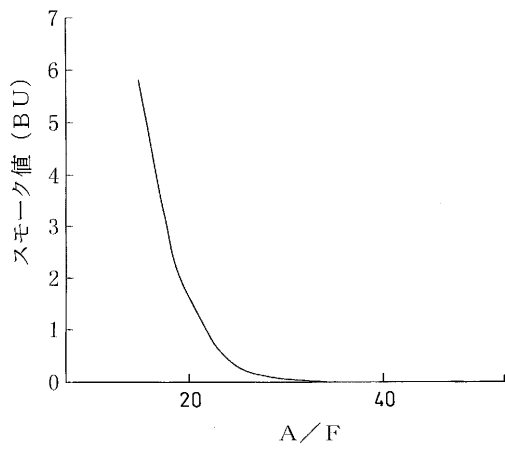
【 図 7 】



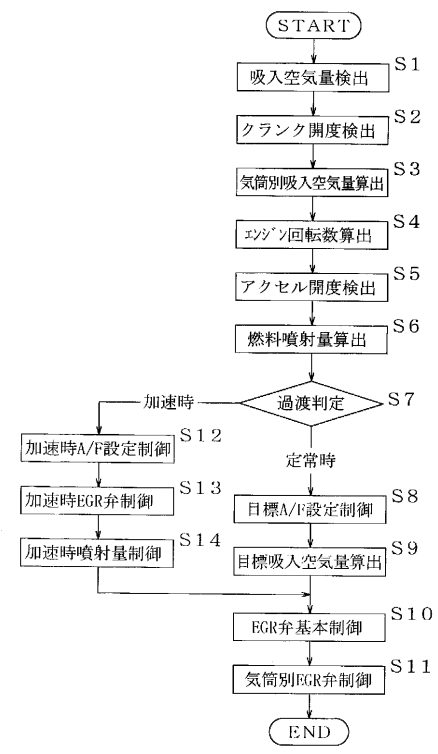
【 図 8 】



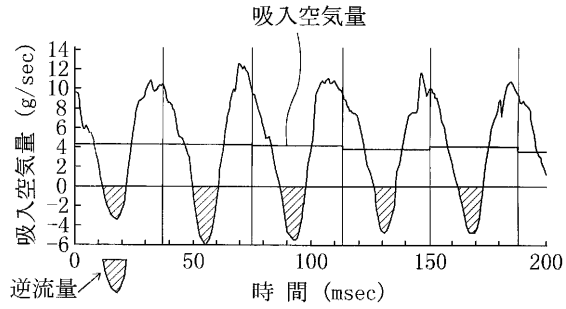
【 図 9 】



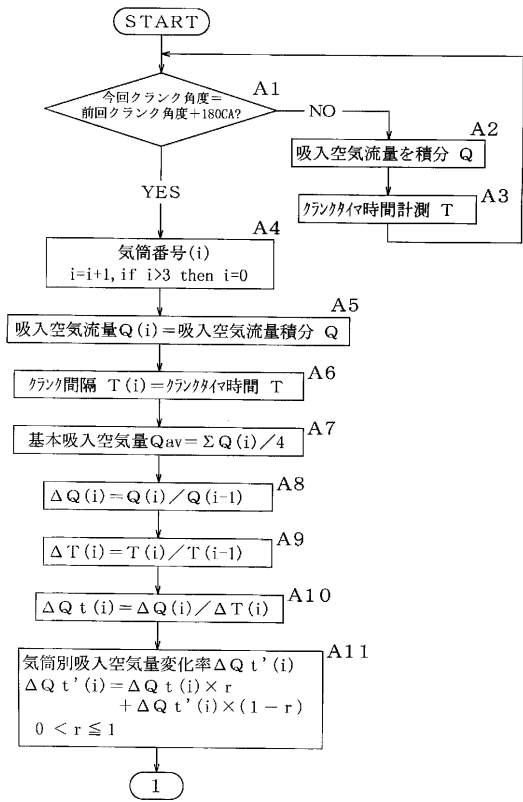
【 図 10 】



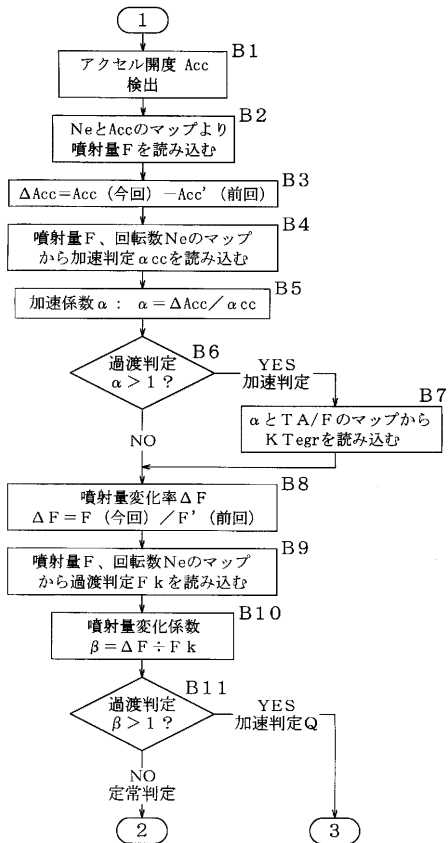
【図11】



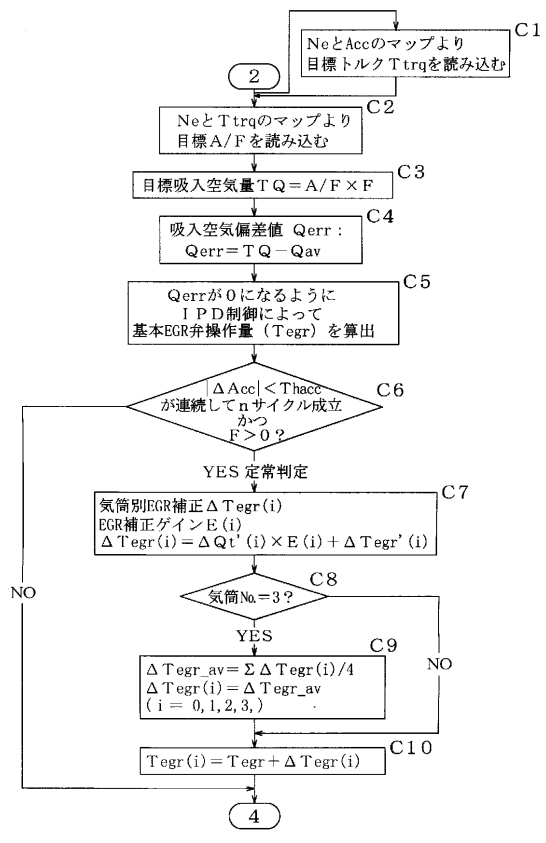
【図12】



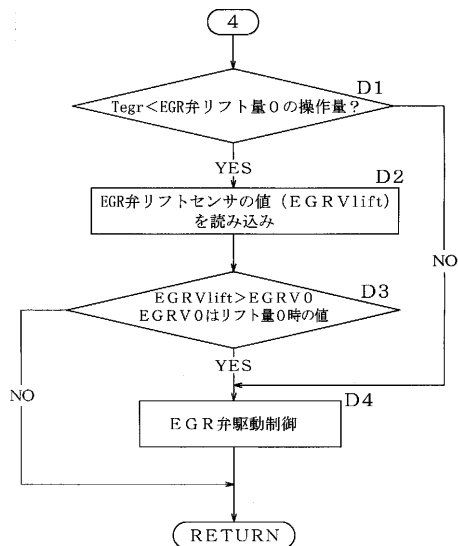
【図13】



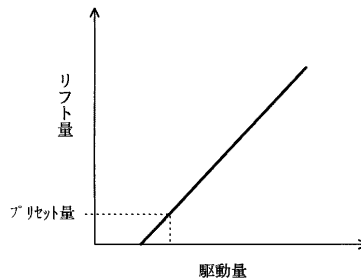
【図14】



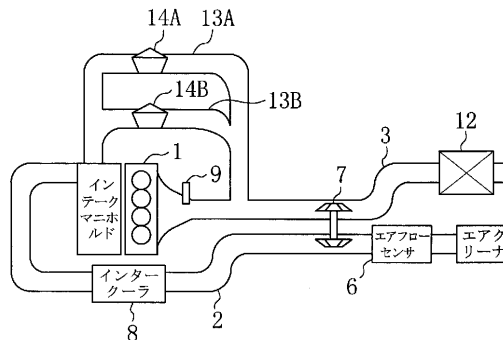
【 図 1 5 】



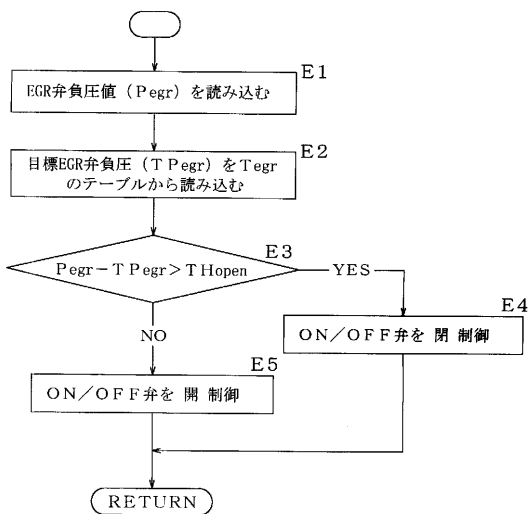
【 図 1 6 】



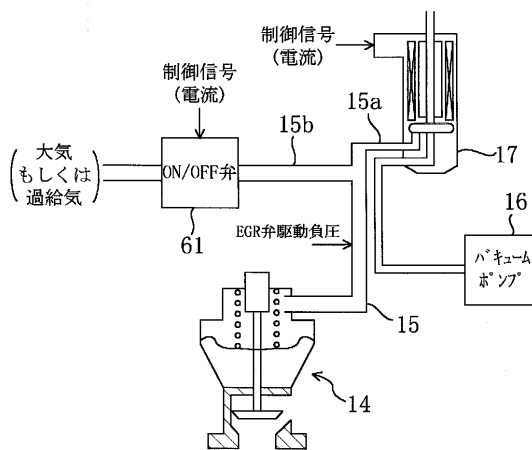
【 図 1 7 】



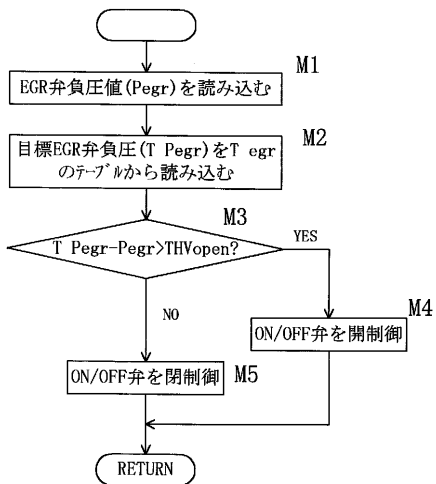
【 図 1 8 】



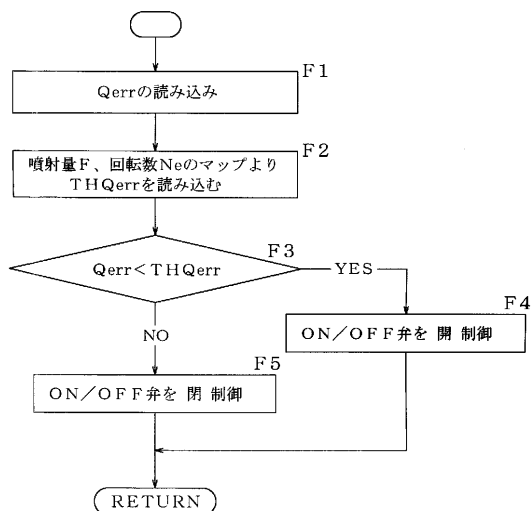
【 図 1 9 】



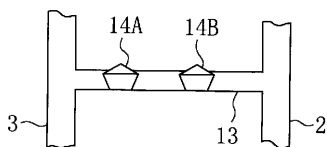
【 図 2 0 】



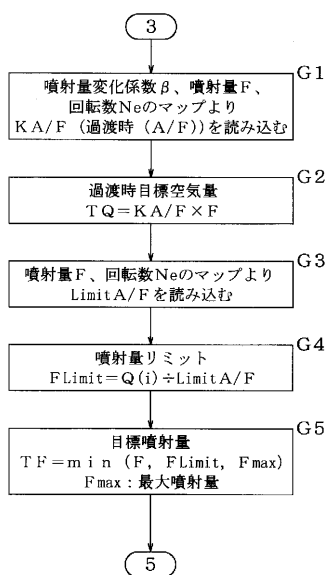
【 図 2 2 】



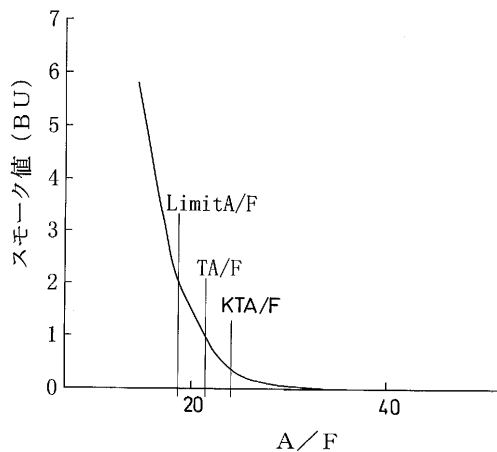
【 図 2 1 】



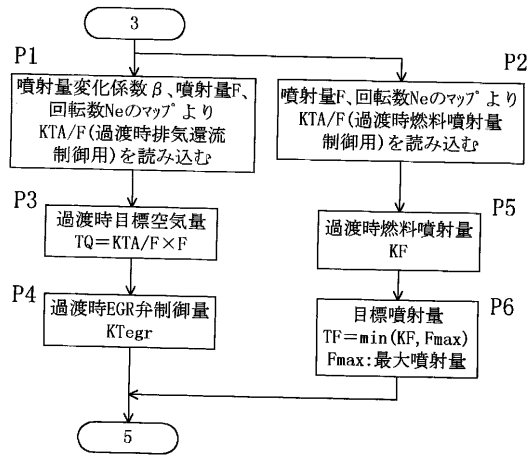
【 図 2 3 】



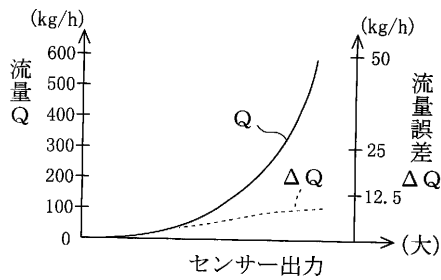
【 図 2 4 】



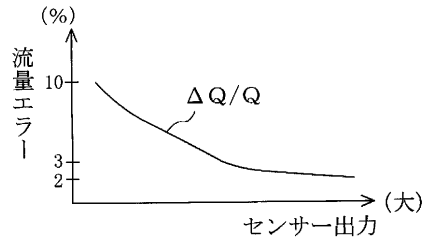
【 図 2 5 】



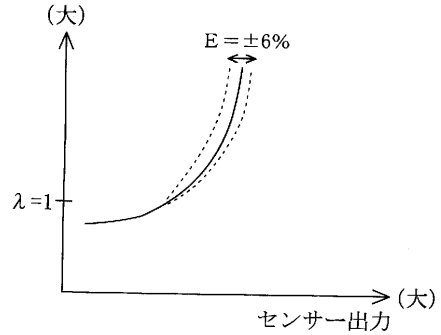
【 図 2 6 】



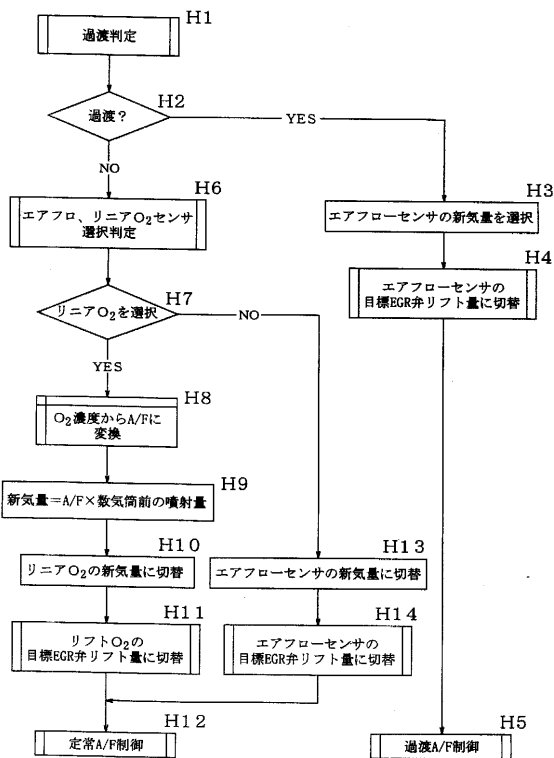
【 図 2 7 】



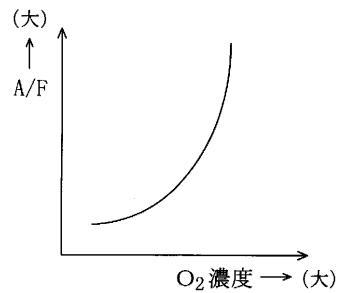
【 図 2 8 】



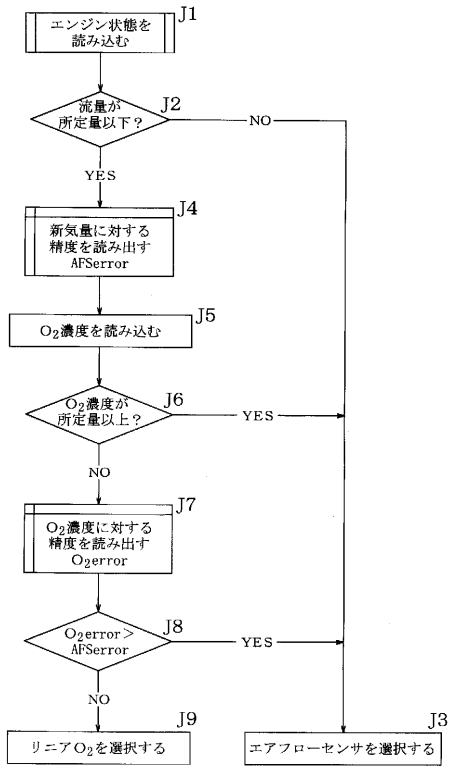
【 図 2 9 】



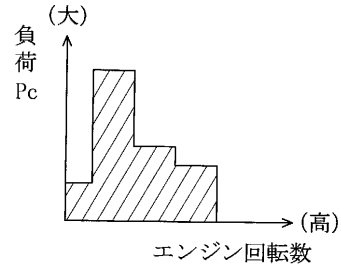
【 図 3 0 】



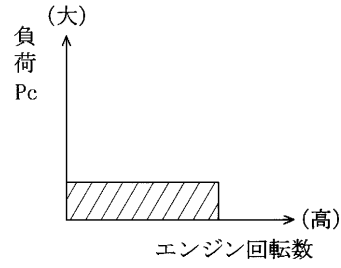
【 図 3 1 】



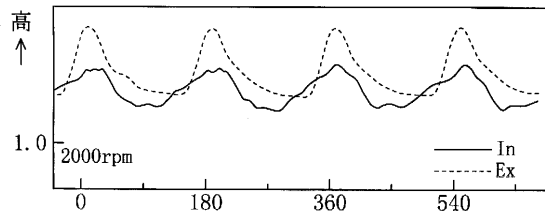
【 図 3 2 】



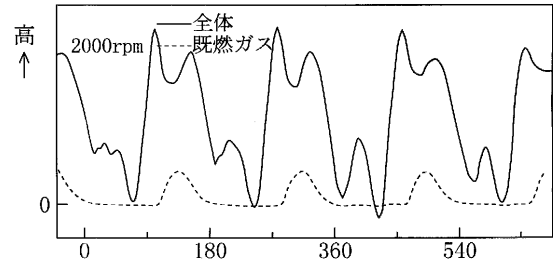
【 図 3 3 】



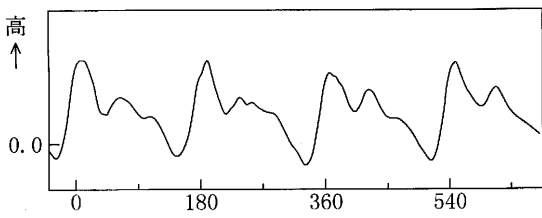
【 図 3 4 】



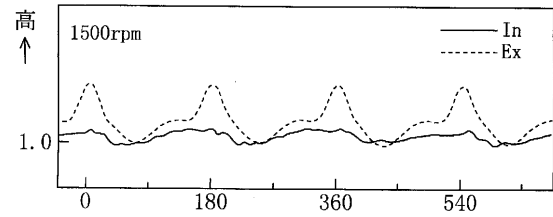
【 図 3 6 】



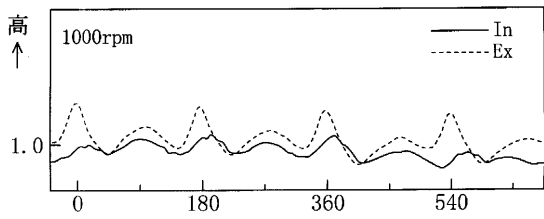
【 図 3 5 】



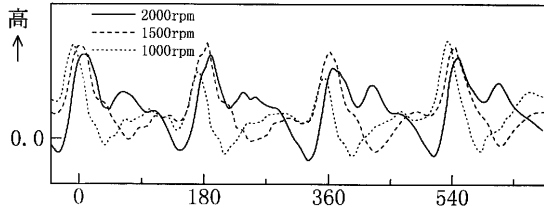
【 図 3 7 】



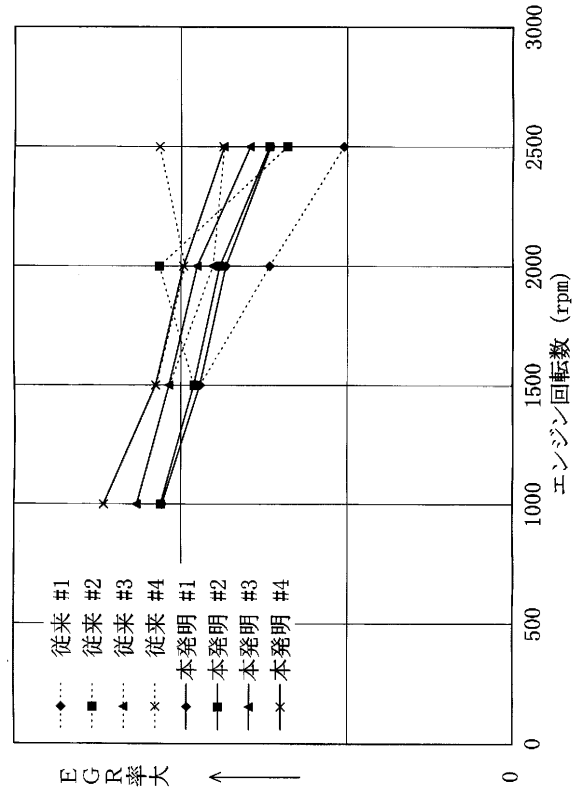
【 図 3 8 】



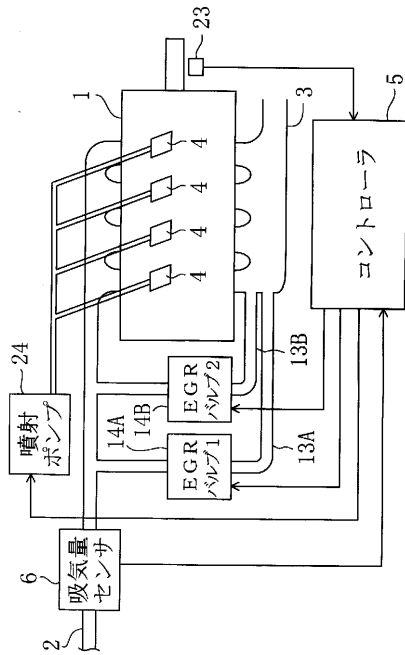
【 図 3 9 】



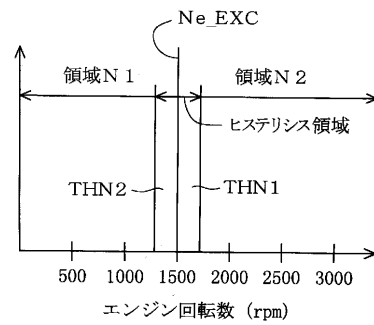
【 図 4 0 】



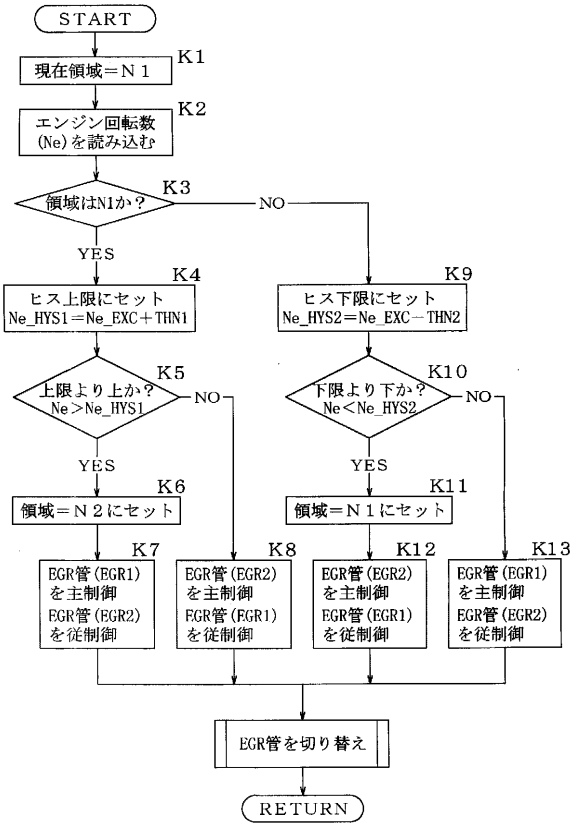
【 図 4 1 】



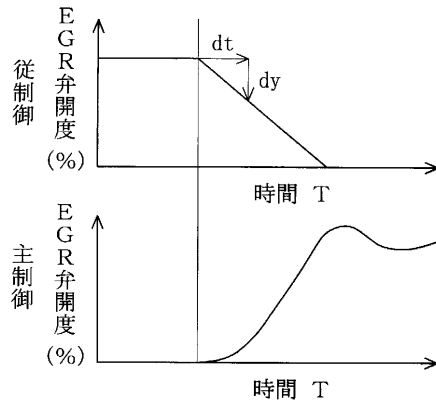
【 図 4 2 】



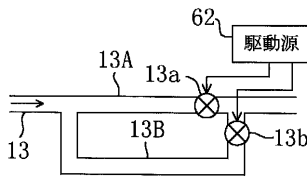
【図43】



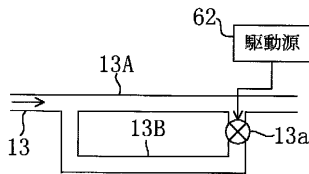
【図44】



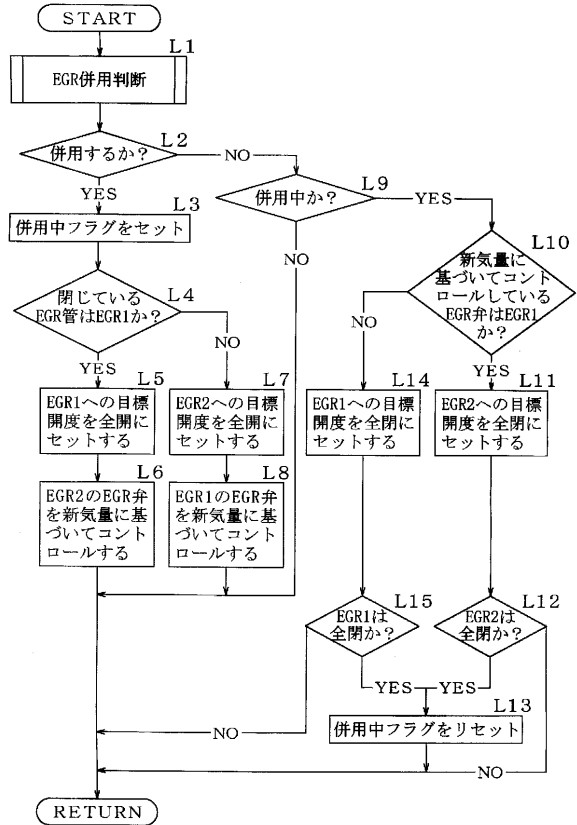
【図45】



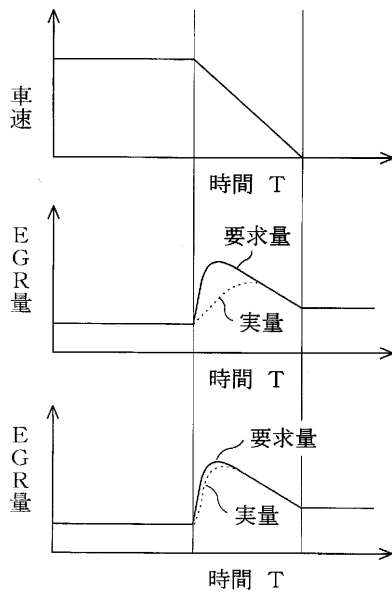
【図46】



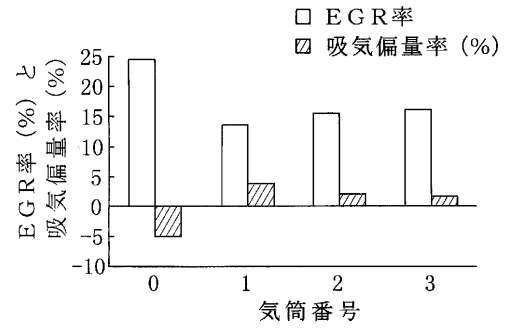
【図47】



【 図 4 8 】



【 図 4 9 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 0 2 D 41/14</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 2 D 23/00	E
<b>F 0 2 D 43/00</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 2 D 23/02	A
		F 0 2 D 41/02	3 0 1 A
		F 0 2 D 41/02	3 0 1 D
		F 0 2 D 41/02	3 0 1 E
		F 0 2 D 41/14	3 1 0 C
		F 0 2 D 43/00	3 0 1 N
		F 0 2 D 43/00	3 0 1 H

- (72)発明者 瀬尾 宜英  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 飯田 克義  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 荒木 啓二  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

審査官 藤原 直欣

- (56)参考文献 特開平09-021340(JP,A)  
 特開平07-166965(JP,A)  
 特開昭60-192870(JP,A)  
 特開平03-023327(JP,A)  
 特開昭61-201828(JP,A)  
 特開平08-177645(JP,A)  
 特開平04-234552(JP,A)  
 特開平09-125996(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02M 25/07  
 F02B 37/00  
 F02D 23/00、23/02  
 F02D 41/02、41/14  
 F02D 43/00