

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2011/118029 A1

(43) 国際公開日
2011年9月29日(29.09.2011)

- (51) 国際特許分類:
F02D 41/04 (2006.01) F02D 45/00 (2006.01)
F02D 43/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/055397
- (22) 国際出願日: 2010年3月26日(26.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 灘 光博 (NADA, Mitsuhiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あーく特許事務所 (ARC PATENT ATTORNEYS' OFFICE); 〒5300047 大阪

府大阪市北区西天満4丁目14番3号 住友生命御堂筋ビル Osaka (JP).

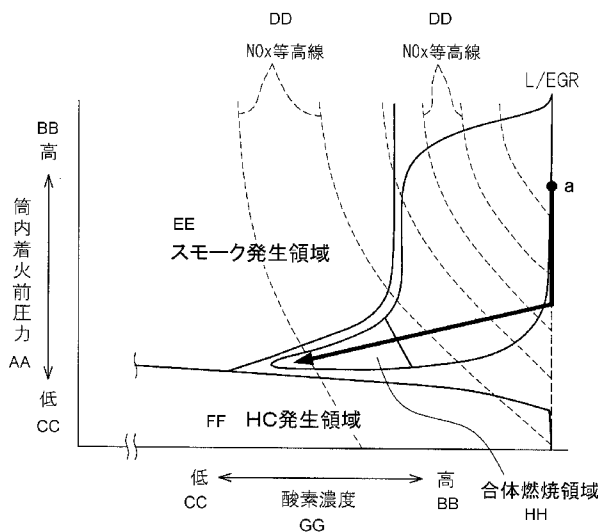
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) Title: COMBUSTION CONTROLLER FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の燃焼制御装置

[図8]



(57) Abstract: Disclosed is a combustion controller which can provide control to a homogeneous charge compression ignition internal combustion engine by employing the pre-fuel-injection oxygen concentration in a cylinder and the pre-ignition pressure in the cylinder as the parameters for the pre-fuel-injection gas status of the cylinder. To attain a combustion status in which prime importance is placed on reduced emission, the controller provides control to a region, in which the pre-ignition pressure in the cylinder is restricted to those equal to or less than a predetermined pressure (the region having a greater percentage of pre-mixed fuel), so as to attain a specific region where no smoke occurs even in a reduced oxygen concentration. The controller provides control in this manner in combination of a drop in pre-ignition pressure in the cylinder and a drop in oxygen concentration in the cylinder, thereby attaining the combustion pattern of the aforementioned specific region while avoiding smoke occurrence regions. Such control makes it possible to simultaneously reduce the amount of smoke and NOx as well as to improve exhaust gas emission.

(57) 要約:

[続葉有]

- AA PRE-IGNITION PRESSURE IN CYLINDER
- BB HIGH
- CC LOW
- DD NOx CONTOUR LINE
- EE SMOKE OCCURRENCE REGION
- FF HC OCCURRENCE REGION
- GG OXYGEN CONCENTRATION
- HH COMBINED COMBUSTION REGION

WO 2011/118029 A1



CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:
TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

圧縮自着火式の内燃機関において、燃料噴射前の筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を燃料噴射前の筒内ガス状態のパラメータとし、エミッションの低減を重視する燃焼状態にする場合には、筒内の着火前圧力が所定圧力以下に制限された領域（予混合燃料の割合が大きな領域）で、酸素濃度を低減してもスモークが発生しない特定領域を目標として、筒内の着火前圧力の低下と前記筒内の酸素濃度の低下とを組み合わせることで、スモーク発生領域を回避しながら前記特定領域の燃焼形態に制御する。このような制御により、スモーク発生量の抑制とNO_x発生量の抑制とを両立することが可能となり、排気エミッションの改善を図ることができる。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の燃焼制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ディーゼルエンジンに代表される圧縮自着火式の内燃機関の燃焼制御装置に関する。

背景技術

[0002] 自動車用エンジン等として使用されるディーゼルエンジンでは、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温度、吸気温度等に応じて、燃料噴射弁（以下、インジェクタと呼ぶ場合もある）からの燃料噴射タイミングや燃料噴射量を調整することにより燃焼室内（気筒内）での燃焼形態を制御することが行われている。

[0003] 上記ディーゼルエンジンの燃焼は、下記の特許文献1にも開示されているように、主として予混合燃焼と拡散燃焼とにより成り立っている。インジェクタから燃焼室内への燃料噴射が開始されると、まず、燃料の気化拡散により可燃混合気が生成される（着火遅れ期間）。次に、この可燃混合気が燃焼室の数ヶ所でほぼ同時に自己着火し、急速に燃焼が進む（予混合燃焼）。さらに、燃焼室内への燃料噴射が継続され、燃焼が継続的に行われる（拡散燃焼）。その後、燃料噴射が終了した後にも未燃燃料が存在するため、しばらくの間、熱発生が続けられる（後燃え期間）。

[0004] ところで、ディーゼルエンジンでは、NO_xの発生量及びスモークの発生量を共に抑制することによる排気エミッションの改善、燃焼行程時の燃焼音の低減、エンジントルクの十分な確保といった各要求を連立することが重要である。

[0005] NO_xの発生量を抑制するものとして、排気ガスの一部を吸気通路に還流させる排気還流（EGR: Exhaust Gas Recirculation）装置が知られている（例えば下記の特許文献2を参照）。こうしたEGR装置においては、気筒内に向けて排気ガスを還流させることにより、

気筒内（燃焼室内）の酸素濃度を低下させることで、着火遅れを促進して予混合燃焼の割合を増大させることによってNO_xの生成を抑制してエミッションの改善を図るようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2004-156519号公報

特許文献2：特開2004-003415号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述の如く、NO_xの発生量を抑制するには、排気ガスの一部を吸気通路に還流させて筒内の酸素濃度を低減することが有効であるが、筒内の酸素濃度を低減するとスモークが発生してしまうので、筒内の酸素濃度の低減には限界がある。一方、スモーク発生量を抑制するには、例えば、燃料の噴射圧増加により空間利用率を向上（燃焼場を拡大）させることにより燃焼速度を低減させる方法があるが、燃料噴射圧を増加するとNO_xが増大してしまうので、スモークの発生を抑止しながら、NO_x発生量を低減することは難しい。

[0008] なお、スモーク発生量の抑制とNO_x発生量の抑制の両方を実現するには、例えば水冷や空冷によって筒内温度を低減させる方法があるが、この場合、負荷増大（発熱量増加）に対応するには限界がある。

[0009] 本発明はそのような実情を考慮してなされたもので、スモーク発生量の抑制とNO_x発生量の抑制とを両立することが可能な内燃機関の燃焼制御装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] ー課題の解決原理ー

まず、圧縮自着火式の内燃機関において、筒内の着火前圧力を低減すると、燃焼室内に噴射された噴霧の運動エネルギーを減衰させるガス圧力（分子密

度)が低下し、空間利用率の向上(燃烧場の拡大)によって燃烧速度が低下するので、着火遅れが促進されて予混合燃烧の割合が増大する(つまり、酸素欠が生じない最低酸素濃度を維持した状態で予混合燃烧の割合を増大することができる)。そして、予混合燃烧の割合が増大すると、スモーク発生量を抑制することができる。

[0011] このような点に着目し、本発明の発明者は、筒内の着火前圧力を低減した状態で筒内の酸素濃度を低減させたところ、筒内の着火前圧力を制限しない状態(低減しない場合)と比較して、筒内の酸素濃度の低減量を多くしても、スモークの発生を抑止できる領域(特定領域:図5に示す合体燃烧領域)が存在することを見出した。そこで、本発明では、エミッションの低減を重視する場合(エミッション重視の場合)は、筒内の着火前圧力を低く制限して、筒内の酸素濃度を上記した特定領域にまで低下させることで、スモークの発生を抑制しながら、NO_xの発生量を可能な限り低減できるようにする。

[0012] 一解決手段一

具体的に、本発明は、燃料噴射弁から気筒内に噴射された燃料が気筒内で燃烧する圧縮自着火式の内燃機関の燃烧制御装置を前提としており、このような内燃機関の燃烧制御装置において、前記燃料噴射弁の燃料噴射前における筒内の酸素濃度を調整可能な酸素濃度調整手段と、筒内の着火前圧力を調整可能な圧力調整手段と、筒内の着火前圧力が所定圧力以下に制限された領域で酸素濃度を低減してもスモークが発生しない特定領域を目標として、その特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域の状態にする場合は、前記筒内の着火前圧力の低下と前記筒内の酸素濃度の低下とを組み合わせることで制御することにより、スモーク発生領域を回避しながら前記特定領域の状態に設定するガス状態制御手段とを備えていることを技術的特徴としている。

[0013] 上記特定事項により、スモーク発生量を抑制しながら、NO_x発生量を従来制御よりも低減することができる。すなわち、NO_x発生量を低減するた

めに、筒内の酸素濃度のみを単に低減する場合（従来制御の場合）、筒内の酸素濃度を低減しすぎるとスモーク発生領域に達してしまうので、その酸素濃度の低減量は限界があったが、本発明では、上述の如く筒内の着火前圧力を低く制限して予混合燃焼の割合を増大させているので、筒内の酸素濃度の低減量を従来制御よりも多くしても、スモークの発生を抑止することが可能となり、 NO_x 発生量の低減化を達成することができる。これによってスモーク発生量の抑制と NO_x 発生量の抑制とを両立することが可能となり、排気エミッションの改善を図ることができる。しかも、上記特定領域（エミッション重視領域）よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域の状態にするにあたり、筒内の着火前圧力の低下と筒内の酸素濃度の低下とを組み合わせた制御により、スモーク発生領域を回避しながら酸素濃度を低下させていくので、スモーク発生を抑止しながら上記特定領域の状態に設定することができる。

[0014] なお、前記特定領域の筒内の酸素濃度の低減側の下限値は、スモーク発生領域及びHC（炭化水素）発生領域によって制限される（図5参照）。

[0015] ここで、本発明において、前記特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域にする場合の具体的な制御の例としては、先に筒内の着火前圧力を低下させてから、筒内の酸素濃度を低下させるという制御や、筒内の着火前圧力の低下と筒内の酸素濃度の低下とを同時に制御してスモーク発生領域の直前の状態にしてから、筒内の着火前圧力を低下させ、筒内の酸素濃度を低下させるという制御を挙げることができる。

[0016] また、本発明において、筒内の着火前圧力を低下させる際に、筒内の着火前圧力が低下しすぎると、HC発生領域に突入する場合があるので、HC発生領域を考慮したガード値を用いて筒内の着火前圧力を下限ガードすることでHCの発生を防止する。この場合、筒内の着火前圧力の下限ガード値は、固定値であってもよいが、可変に設定することが好ましい。すなわち、過渡運転や燃料性状（例えば、低セタン価の燃料）により着火遅れが発生すると、HCが急増するので、これを抑止するために、燃料噴射前の筒内の酸素濃

度に応じて下限ガード値を可変に設定することが好ましい。具体的には、筒内の酸素濃度が低い場合は高い場合と比較して筒内の着火前圧力の下限ガード値を高く設定する。なお、筒内の酸素濃度は、吸入空気量、吸入空気温度、過給圧、EGR率などから得ることができる。

[0017] 本発明において、前記特定領域（エミッション重視領域）の状態から当該特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態にする場合は、筒内の酸素濃度の調整と筒内の着火前圧力の調整とを組み合わせる。具体的には、先に筒内の酸素濃度を上昇させてから、筒内の着火前圧力を上昇させていくことで、スモーク発生領域を回避しながら、当該特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態に設定する。

[0018] 本発明において、燃料噴射弁の燃料噴射前における筒内の酸素濃度を調整可能な酸素濃度調整手段の具体的な例は、内燃機関の排気系に排出された排気ガスの一部を吸気系に還流させる排気還流装置（EGR装置）である。そして、この排気還流装置によって排気ガスの吸気系への還流量を増大または減少させることにより、前記筒内の酸素濃度を低下または上昇させるように構成する。

[0019] 本発明において、筒内の着火前圧力を調整可能な圧力調整手段の具体的な例は、吸気系において吸入空気を過給する過給装置である。そして、この過給装置によって吸入空気量を減少または増大させることにより、筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成する。また、圧力調整手段の具体的な例として、吸気系において吸入空気量を調整する吸気絞り弁（スロットルバルブ）を上げることができる。そして、この吸気絞り弁によって吸入空気量を減少または増大させることにより、筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成する。

[0020] さらに、これら過給装置による吸入空気量の減少または増大と、吸気絞り弁による吸入空気量の減少または増大とを組み合わせる。筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成してもよい。

[0021] なお、例えば、可変バルブタイミング（VVT：Variable Valve Timing）機構などの筒内圧力を調整できる圧力可変調整機構が内燃機関に装備されている場合、その圧力可変調整機構により筒内の着火前圧力を低下または上昇させるようにしてもよい。また、そのような圧力可変調整機構と上記した過給装置や吸気絞り弁とを組み合わせることで筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成してもよい。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、エミッションの低減を重視する燃焼状態にする場合には、筒内の着火前圧力が所定圧力以下に制限された領域（予混合燃料の割合が大きな領域）で、酸素濃度を低減してもスモークが発生しない特定領域を目標として、筒内の着火前圧力の低下と前記筒内の酸素濃度の低下とを組み合わせ、スモーク発生領域を回避しながら前記特定領域の燃焼形態に制御するので、スモーク発生量の抑制とNO_x発生量の抑制とを両立することが可能となり、排気エミッションの改善を図ることができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]本発明を適用するエンジン及びその制御システムの概略構成図である。
[図2]ディーゼルエンジンの燃焼室及びその周辺部を示す断面図である。
[図3]ECU等の制御系の構成を示すブロック図である。
[図4]燃焼形態の例を示す図である。
[図5]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力とスモーク発生領域との関係を示す図である。
[図6]筒内の酸素濃度及び予混合燃焼比率とスモーク発生領域との関係を3次元で示すイメージ図である。
[図7]エンジンの性能線図である。
[図8]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を低下させる際の制御手順の一例を示す図である。
[図9]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を上昇させる際の制御手順の一例を示す図である。

[図10]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を低下させる際の制御手順の他の例を示す図である。

[図11]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を低下させる際の制御手順の別の例を示す図である。

[図12]筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を低下させる際の制御手順の更に別の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態は、自動車に搭載されたコモンレール式筒内直噴型多気筒（例えば直列4気筒）ディーゼルエンジン（圧縮自着火式内燃機関）に本発明を適用した場合について説明する。

[0025] ーエンジンの構成ー

まず、本発明を適用するディーゼルエンジン（以下、単にエンジンという）の一例について説明する。図1はエンジン1及びその制御系統の概略構成図である。また図2は、ディーゼルエンジンの燃焼室3及びその周辺部を示す断面図である。

[0026] 図1に示すように、この例のエンジン1は、燃料供給系2、燃焼室3、吸気系6、排気系7等を主要部とするディーゼルエンジンシステムとして構成されている。

[0027] 燃料供給系2は、サプライポンプ21、コモンレール22、インジェクタ（燃料噴射弁）23、遮断弁24、燃料添加弁26、機関燃料通路27、添加燃料通路28等を備えて構成されている。

[0028] 上記サプライポンプ21は、燃料タンクから燃料を汲み上げ、この汲み上げた燃料を高圧にした後、機関燃料通路27を介してコモンレール22に供給する。コモンレール22は、サプライポンプ21から供給された高圧燃料を所定圧力に保持（蓄圧）する蓄圧室としての機能を有し、この蓄圧した燃料を各インジェクタ23に分配する。インジェクタ23は、その内部に圧電素子（ピエゾ素子）を備え、適宜開弁して燃焼室3内に燃料を噴射供給する

ピエゾインジェクタにより構成されている。このインジェクタ 23 からの燃料噴射制御の詳細については後述する。

[0029] また、上記サプライポンプ 21 は、燃料タンクから汲み上げた燃料の一部を、添加燃料通路 28 を介して燃料添加弁 26 に供給する。添加燃料通路 28 には、緊急時において添加燃料通路 28 を遮断して燃料添加を停止するための上記遮断弁 24 が備えられている。

[0030] また、上記燃料添加弁 26 は、後述する ECU 100 による添加制御動作によって排気系 7 への燃料添加量が目標添加量（排気 A/F が目標 A/F となるような添加量）となるように、また、燃料添加タイミングが所定タイミングとなるように開弁時期が制御される電子制御式の開閉弁により構成されている。つまり、この燃料添加弁 26 から所望の燃料が適宜のタイミングで排気系 7（排気ポート 71 から排気マニホールド 72）に噴射供給される構成となっている。

[0031] 吸気系 6 は、シリンダヘッド 15（図 2 参照）に形成された吸気ポート 15a に接続される吸気マニホールド 63 を備え、この吸気マニホールド 63 に、吸気通路を構成する吸気管 64 が接続されている。また、この吸気通路には、上流側から順に、エアクリーナ 65、エアフローメータ 43、スロットルバルブ（吸気絞り弁）62 が配設されている。エアフローメータ 43 は、エアクリーナ 65 を介して吸気通路に流入される空気量に応じた電気信号を出力するようになっている。

[0032] 排気系 7 は、シリンダヘッド 15 に形成された排気ポート 71 に接続される排気マニホールド 72 を備えており、この排気マニホールド 72 に対して、排気通路を構成する排気管 73、74 が接続されている。また、この排気通路には、NO_x 吸蔵触媒（NSR 触媒：NO_x Storage Reduction 触媒）75、及び、DPNR 触媒（Diesel Particulate-NO_x Reduction 触媒）76 を備えたマニバータ（排気浄化装置）77 が配設されている。以下、これら NSR 触媒 75 及び DPNR 触媒 76 について説明する。

[0033] NSR触媒75は、吸蔵還元型NO_x触媒であって、例えば、アルミナ（Al₂O₃）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）のような希土類と、白金（Pt）のような貴金属とが担持された構成となっている。

[0034] このNSR触媒75は、排気中に多量の酸素が存在している状態においてはNO_xを吸蔵し、排気中の酸素濃度が低く、かつ還元成分（例えば燃料の未燃成分（HC））が多量に存在している状態においてはNO_xをNO₂もしくはNOに還元して放出する。NO₂やNOとして放出されたNO_xは、排気中のHCやCOと速やかに反応することによってさらに還元されてN₂となる。また、HCやCOは、NO₂やNOを還元することで、自身は酸化されてH₂OやCO₂となる。すなわち、NSR触媒75に導入される排気中の酸素濃度やHC成分を適宜調整することにより、排気中のHC、CO、NO_xを浄化することができるようになっている。本実施形態のものでは、この排気中の酸素濃度やHC成分の調整を、燃料添加弁26からの燃料添加動作によって行うことが可能となっている。

[0035] 一方、DPNR触媒76は、例えば、多孔質セラミック構造体にNO_x吸蔵還元型触媒を担持させたものであり、排気ガス中のPMは多孔質の壁を通過する際に捕集される。また、排気ガスの空燃比がリーンの場合、排気ガス中のNO_xはNO_x吸蔵還元型触媒に吸蔵され、空燃比がリッチになると、吸蔵したNO_xは還元・放出される。さらに、DPNR触媒76には、捕集したPMを酸化・燃焼する触媒（例えば白金等の貴金属を主成分とする酸化触媒）が担持されている。

[0036] ここで、ディーゼルエンジンの燃焼室3及びその周辺部の構成について、図2を用いて説明する。この図2に示すように、エンジン本体の一部を構成するシリンダブロック11には、各気筒（4気筒）毎に円筒状のシリンダボア12が形成されており、各シリンダボア12の内部にはピストン13が上

下方向に摺動可能に收容されている。

[0037] ピストン13の頂面13aの上側には上記燃焼室3が形成されている。つまり、この燃焼室3は、シリンダブロック11の上部にガスケット14を介して取り付けられたシリンダヘッド15の下面と、シリンダボア12の内壁面と、ピストン13の頂面13aとにより区画形成されている。そして、ピストン13の頂面13aの略中央部には、キャビティ（凹陥部）13bが凹設されており、このキャビティ13bも燃焼室3の一部を構成している。

[0038] なお、このキャビティ13bの形状としては、その中央部分（シリンダ中心線P上）では凹陥寸法が小さく、外周側に向かうに従って凹陥寸法が大きくなっている。つまり、図2に示すように、ピストン13が圧縮上死点付近にある際、このキャビティ13bによって形成される燃焼室3としては、中央部分では比較的容積の小さい狭小空間とされ、外周側に向かって次第に空間が拡大される（拡大空間とされる）構成となっている。

[0039] 上記ピストン13は、コネクティングロッド18の小端部18aがピストンピン13cにより連結されており、このコネクティングロッド18の大端部はエンジン出力軸であるクランクシャフトに連結されている。これにより、シリンダボア12内でのピストン13の往復移動がコネクティングロッド18を介してクランクシャフトに伝達され、このクランクシャフトが回転することでエンジン出力が得られるようになっている。また、燃焼室3に向けてグロープラグ19が配設されている。このグロープラグ19は、エンジン1の始動直前に電流が流されることにより赤熱し、これに燃料噴霧の一部が吹きつけられることで着火・燃焼が促進される始動補助装置として機能する。

[0040] 上記シリンダヘッド15には、燃焼室3へ空気を導入する吸気ポート15aと、燃焼室3から排気ガスを排出する上記排気ポート71とがそれぞれ形成されているとともに、吸気ポート15aを開閉する吸気バルブ16及び排気ポート71を開閉する排気バルブ17が配設されている。これら吸気バルブ16及び排気バルブ17はシリンダ中心線Pを挟んで対向配置されている。

。つまり、この例のエンジン1はクロスフロータイプとして構成されている。また、シリンダヘッド15には、燃焼室3の内部へ直接的に燃料を噴射する上記インジェクタ23が取り付けられている。このインジェクタ23は、シリンダ中心線Pに沿う起立姿勢で燃焼室3の略中央上部に配設されており、上記コモンレール22から導入される燃料を燃焼室3に向けて所定のタイミングで噴射するようになっている。

[0041] さらに、図1に示すように、このエンジン1には、過給機（ターボチャージャ）5が設けられている。このターボチャージャ5は、タービンシャフト51を介して連結されたタービンホイール52及びコンプレッサインペラ53を備えている。コンプレッサインペラ53は吸気管64の内部に臨んで配置され、タービンホイール52は排気管73の内部に臨んで配置されている。このためターボチャージャ5は、タービンホイール52が受ける排気流（排気圧）を利用してコンプレッサインペラ53を回転させ、吸気圧を高めるといった所謂過給動作を行うようになっている。この例のターボチャージャ5は、可変ノズル式ターボチャージャ（VNT）であって、タービンホイール52側に可変ノズルベーン機構54が設けられており、この可変ノズルベーン機構54の開度（VN開度）を調整することによってエンジン1の過給圧を調整することができる。

[0042] 吸気系6の吸気管64には、ターボチャージャ5での過給によって昇温した吸入空気を強制冷却するためのインタークーラ61が設けられている。このインタークーラ61よりも更に下流側に上記スロットルバルブ62が設けられている。スロットルバルブ62は、その開度を無段階に調整することができる電子制御式の開閉弁であり、所定の条件下において吸入空気の流路面積を絞り、この吸入空気の供給量を調整（低減）する機能を有している。

[0043] また、エンジン1には、吸気系6と排気系7とを接続する排気還流通路（EGR通路）8が設けられている。このEGR通路8は、排気の一部を適宜吸気系6に還流させて燃焼室3へ再度供給することにより燃焼温度を低下させ、これによってNO_x発生量を低減させるものである。また、このEGR

通路 8 には、電子制御によって無段階に開閉され、同通路を流れる排気流量を自在に調整することができる EGR バルブ 8 1 と、EGR 通路 8 を通過（還流）する排気を冷却するための EGR クーラ 8 2 とが設けられている。これら EGR 通路 8、EGR バルブ 8 1、EGR クーラ 8 2 等によって EGR 装置（排気還流装置）が構成されている。

[0044] －センサ類－

エンジン 1 の各部位には、各種センサが取り付けられており、それぞれの部位の環境条件や、エンジン 1 の運転状態に関する信号を出力する。

[0045] 例えば、上記エアフローメータ 4 3 は、吸気系 6 内のスロットルバルブ 6 2 の上流において吸入空気の流量（吸入空気量）に応じた検出信号を出力する。吸気温センサ 4 9 は、吸気マニホールド 6 3 に配置され、吸入空気の温度に応じた検出信号を出力する。吸気圧センサ 4 8 は、吸気マニホールド 6 3 に配置され、吸入空気圧力に応じた検出信号を出力する。A/F（空燃比）センサ 4 4 は、排気系 7 のマニバータ 7 7 の下流において排気中の酸素濃度に応じて連続的に変化する検出信号を出力する。排気温センサ 4 5 は、同じく排気系 7 のマニバータ 7 7 の下流において排気ガスの温度（排気温度）に応じた検出信号を出力する。レール圧センサ 4 1 はコモンレール 2 2 内に蓄えられている燃料の圧力（以下、燃圧ともいう）に応じた検出信号を出力する。スロットル開度センサ 4 2 はスロットルバルブ 6 2 の開度を検出する。

[0046] －ECU－

ECU 1 0 0 は、図 3 に示すように、CPU 1 0 1、ROM 1 0 2、RAM 1 0 3 及びバックアップ RAM 1 0 4 などを備えている。ROM 1 0 2 は、各種制御プログラムや、それら各種制御プログラムを実行する際に参照されるマップ等が記憶されている。CPU 1 0 1 は、ROM 1 0 2 に記憶された各種制御プログラムやマップに基づいて各種の演算処理を実行する。RAM 1 0 3 は、CPU 1 0 1 での演算結果や各センサから入力されたデータ等を一時的に記憶するメモリである。バックアップ RAM 1 0 4 は、例えばエ

ンジン 1 の停止時にその保存すべきデータ等を記憶する不揮発性のメモリである。

[0047] 以上の CPU 101、ROM 102、RAM 103 及びバックアップ RAM 104 は、バス 107 を介して互いに接続されるとともに、入カインターフェース 105 及び出カインターフェース 106 と接続されている。

[0048] 入カインターフェース 105 には、上記レール圧センサ 41、スロットル開度センサ 42、エアフローメータ 43、A/F センサ 44、排気温センサ 45、吸気圧センサ 48、吸気温センサ 49 が接続されている。さらに、この入カインターフェース 105 には、エンジン 1 の冷却水温に応じた検出信号を出力する水温センサ 46、アクセルペダルの踏み込み量に応じた検出信号を出力するアクセル開度センサ 47、及び、エンジン 1 の出力軸（クランクシャフト）が一定角度回転する毎に検出信号（パルス）を出力するクランクポジションセンサ 40 などが接続されている。

[0049] 一方、出カインターフェース 106 には、上記インジェクタ 23、燃料添加弁 26、スロットルバルブ 62、可変ノズルベーン機構 54、及び、EGR バルブ 81 などが接続されている。

[0050] そして、ECU 100 は、上記した各種センサの出力に基づいて、エンジン 1 の各種制御を実行する。例えば、ECU 100 は、インジェクタ 23 の燃料噴射制御を実行する。このインジェクタ 23 の燃料噴射制御として、本実施形態では、従来一般的なディーゼルエンジンにおいて実行される、パイロット噴射、プレ噴射等の副噴射は実行せず、エンジントルクを得るためのメイン噴射のみが実行されるようになっている。つまり、パイロット噴射やプレ噴射を実行しないことで、メイン噴射が開始されるまでの筒内の予熱動作は行われないようにしている。

[0051] このメイン噴射での総燃料噴射量は、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温度、吸気温度等の運転状態や環境条件に応じて決定される要求トルクを得るために必要な燃料噴射量として設定される。例えば、エンジン回転数（クランクポジションセンサ 40 の検出値に基づいて算出されるエンジン

回転数)が高いほど、また、アクセル操作量(アクセル開度センサ47により検出されるアクセルペダルの踏み込み量)が大きいほど(アクセル開度が大きいほど)エンジン1のトルク要求値としては高く得られる。

[0052] ー燃料噴射圧ー

上記メイン燃料噴射を実行する際の燃料噴射圧は、コモンレール22の内圧により決定される。このコモンレール内圧として、一般に、コモンレール22からインジェクタ23へ供給される燃料圧力の目標値つまり目標レール圧は、エンジン負荷(機関負荷)が高くなるほど、及び、エンジン回転数(機関回転数)が高くなるほど高いものとされる。すなわち、エンジン負荷が高い場合には燃焼室3内に吸入される空気量が多いため、インジェクタ23から燃焼室3内に向けて多量の燃料を噴射しなければならず、よってインジェクタ23からの噴射圧力を高いものとする必要がある。また、エンジン回転数が高い場合には噴射可能な期間が短いため、単位時間当たりに噴射される燃料量を多くしなければならず、よってインジェクタ23からの噴射圧力を高いものとする必要がある。このように、目標レール圧は一般にエンジン負荷及びエンジン回転数に基づいて設定される。なお、この目標レール圧は例えば上記ROM102に記憶された燃圧設定マップに従って設定される。つまり、この燃圧設定マップに従って燃料圧力を決定することで、インジェクタ23の開弁期間(噴射率波形)が制御され、その開弁期間中における燃料噴射量を規定することが可能になる。なお、本実施形態では、エンジン負荷等に応じて燃料圧力が30MPa~200MPaの間で調整されるようになっている。

[0053] 上記メイン噴射における燃料噴射パラメータについて、その最適値はエンジン1や吸入空気等の温度条件によって異なるものとなる。

[0054] 例えば、上記ECU100は、コモンレール圧がエンジン運転状態に基づいて設定される目標レール圧と等しくなるように、つまり燃料噴射圧が目標噴射圧と一致するように、サプライポンプ21の燃料吐出量を調量する。また、ECU100はエンジン運転状態に基づいて燃料噴射量及び燃料噴射形

態を決定する。具体的には、ECU100は、クランクポジションセンサ40の検出値に基づいてエンジン回転速度（エンジン回転数）を算出するとともに、アクセル開度センサ47の検出値に基づいてアクセルペダルの踏み込み量（アクセル開度）を求め、このエンジン回転速度及びアクセル開度等に基づいて総メイン噴射量（メイン噴射での噴射量）を決定する。

[0055] ー分割メイン噴射ー

ディーゼルエンジン1においては、NO_x発生量及びスモーク発生量を削減することによる排気エミッションの改善、燃焼行程時の燃焼音の低減、エンジントルクの十分な確保といった各要求を連立することが重要である。本発明の発明者は、これら要求を連立するための手法として、燃焼行程時における気筒内（燃焼室内）での熱発生率の変化状態（熱発生率波形で表される変化状態）を適切にコントロールすることが有効であることに着目し、この熱発生率の変化状態を適切にコントロールするための手法として分割メイン噴射（分割主噴射）による燃料噴射手法を見出した。その分割メイン噴射について以下に説明する。

[0056] 本実施形態では、エンジン負荷の変化に応じて上記メイン噴射の燃料噴射形態（燃料噴射パターン）を連続的に変更するようにしている。具体的に、本実施形態における燃料噴射制御では、上記メイン噴射の噴射形態として2回または3回の分割メイン噴射を実行することで、このメイン噴射で必要とされる、総メイン噴射量（要求トルクを得るための総燃料噴射量）を確保している。

[0057] そして、本実施形態において特徴とする分割メイン噴射は、燃焼室3内での燃焼として、主に予混合燃焼を行わせるための燃料噴射である予混合燃焼用燃料噴射と、主に拡散燃焼を行わせるための燃料噴射である拡散燃焼用燃料噴射とを、それぞれ個別に1回または2回実行するようになっており、これら分割メイン噴射の噴射タイミング及び噴射量（噴射パターン）を上記エンジン負荷に応じて変更するようにしている。

[0058] なお、上記予混合燃焼用燃料噴射の終了タイミングと拡散燃焼用燃料噴射

の開始タイミングとの間には所定のインターバルが設けられている。つまり、予混合燃焼用燃料噴射を実行した後、燃料噴射を一旦停止（インジェクタ 23 を遮断）し、所定のインターバルを経た後に拡散燃焼用燃料噴射が開始されるようになっている。このインターバルとしては、例えばインジェクタ 23 の性能によって決定される最短閉弁期間（インジェクタ 23 が閉弁してから開弁を開始するまでの最短期間：例えば $200 \mu\text{s}$ ）として設定される。

[0059] 本実施形態における燃焼室 3 内での燃焼行程中における燃焼形態の概略は以下のとおりである。

[0060] この燃焼形態では、同一燃焼行程中に予混合燃焼と拡散燃焼とが順に行われる。その燃焼形態としては、「拡散燃焼」、「分離燃焼」、「一部重畳燃焼」、「全体重畳燃焼」、「一体燃焼」の 5 つの燃焼形態に分類することができる。

[0061] ここで、「拡散燃焼」は、TDC（ピストン 13 の圧縮上死点）着火の主燃焼がほぼ 100% 拡散燃焼である燃焼形態である（図 4（a）に示す熱発生率波形を参照）。「分離燃焼」は、予混合燃焼領域と拡散燃焼領域とが殆ど重畳しない燃焼形態である（図 4（b）に示す熱発生率波形を参照）。「一部重畳燃焼」は、予混合燃焼領域と拡散燃焼領域との一部分が重畳した燃焼形態である（図 4（c）に示す熱発生率波形を参照）。「全体重畳燃焼」は、予混合燃焼領域と拡散燃焼領域とが略一致（重畳）した燃焼形態である（図 4（d）に示す熱発生率波形を参照）。「一体燃焼」は、予混合燃焼領域と拡散燃焼領域との熱発生率波形が一体化した燃焼形態（図 4（e）に示す熱発生率波形を参照）。

[0062] そして、これら「拡散燃焼」、「分離燃焼」、「一部重畳燃焼」、「全体重畳燃焼」、「一体燃焼」は、エンジン負荷（またはエンジン 1 の要求出力）に応じて燃料噴射パターン（燃料噴射形態）を調整することによって設定される。

[0063] ー拡散燃焼の着火タイミングについてー

本実施形態では、上記予混合用燃料噴射での予混合燃焼によって燃焼室3内の予熱が十分に行われた状態で、上記拡散燃焼用燃料噴射が実行されることにより、この拡散燃焼用燃料噴射で噴射された燃料は、直ちに自着火温度以上の温度環境下に晒されて熱分解が進み、噴射後は直ちに燃焼が開始されることになる。

[0064] 具体的に、ディーゼルエンジンにおける燃料の着火遅れとしては、物理的遅れと化学的遅れとがある。物理的遅れは、燃料液滴の蒸発・混合に要する時間であり、燃焼場のガス温度に左右される。一方、化学的遅れは、燃料蒸気の化学的結合・分解かつ酸化発熱に要する時間である。そして、上述した如く気筒内の予熱が十分になされている状況では上記物理的遅れを最小限に抑えることができ、その結果、着火遅れも最小限に抑えられることになる。

[0065] 従って、拡散燃焼用燃料噴射によって噴射された燃料の燃焼形態としては、予混合燃焼が殆ど行われなくなり、大部分が拡散燃焼となる。そして、この拡散燃焼用燃料噴射の噴射タイミングや噴射量を調整することで、拡散燃焼での着火タイミング、熱発生率の変化割合（熱発生率波形の勾配）、熱発生率のピーク、燃焼重心に達する時期を共に制御することが可能になる。

[0066] 一貫徹力について一

ここで、燃料噴射量と貫徹力との関係について説明する。上記インジェクタ23では、噴射指令信号を受けて燃料噴射が開始されると、噴射孔を閉塞しているニードルが噴射孔から後退していくことで噴射孔の開口面積を次第に増大させていく。そして、ニードルが最後退位置まで移動すると噴射孔の開口面積は最大となる。ところが、このニードルが最後退位置に達するまでに噴射指令信号が解除されると（閉弁指令を受けると）、後退移動している途中でニードルは閉弁方向に向かって前進することになる。つまり、この場合、噴射孔の開口面積は最大となることなく燃料噴射を終了することになる。このため、噴射期間が長く設定されるほど噴射孔の開口面積としては大きく得られることになる。

[0067] そして、上記噴射孔の開口面積は、その噴射孔から噴射される燃料（噴霧）の飛行距離に相関がある。つまり、噴射孔の開口面積が大きい状態で燃料が噴射された場合には、噴射孔から噴射される燃料の液滴の寸法も大きいため運動エネルギーも大きく（貫徹力（ペネトレーション）が大きく）なっている。このため、この燃料の液滴の飛行距離は長くなる。一方、噴射孔の開口面積が小さい状態で燃料が噴射された場合には、この噴射孔から噴射される燃料の液滴の寸法も小さいため運動エネルギーも小さく（貫徹力（ペネトレーション）が小さく）なっている。このため、この燃料の液滴の飛行距離も短い。

[0068] そして、インジェクタ 2 3 の開弁期間が比較的長く設定された場合（言い換えると、メイン噴射 1 回当たりの噴射量が比較的多く設定された場合）には、ニードルが最後退位置まで移動することになって噴射孔の開口面積は最大となるので、この場合の燃料の液滴の飛行距離は長くなる。つまり、インジェクタ 2 3 から噴射された燃料の大部分は上記キャビティ 1 3 b の外周端付近まで飛行可能な状態となる。ただし、インジェクタ 2 3 から噴射された燃料の液滴の飛行距離については燃焼室形状による制約もあるので、その燃料液滴の飛行距離には限度がある。

[0069] 一方、インジェクタ 2 3 の開弁期間が比較的短く設定された場合（言い換えると、メイン噴射 1 回当たりの噴射量が比較的少なく設定された場合）には、ニードルが最後退位置まで移動することがなく噴射孔の開口面積は小さいため、この場合の燃料の液滴の飛行距離は短くなる。つまり、インジェクタ 2 3 から噴射された燃料の大部分は上記キャビティ 1 3 b の中央部付近までしか飛行できない状態となる。

[0070] このように、インジェクタ 2 3 の開弁期間によって決まる噴射孔の開口面積と、その噴射孔から噴射される燃料（噴霧）の飛行距離とには相関がある。このため、上記予混合燃焼用燃料噴射での噴射量が多く設定されるほど、燃料の飛行距離は長くなり、上記キャビティ 1 3 b の外周端付近にまで燃料が飛行することになって、燃焼室 3 内の酸素との邂逅率が高く確保されるこ

とで酸素不足を解消できる。これにより、スモークの発生量を抑制することができる。つまり、予混合燃焼用燃料噴射での噴射量が多く設定されるほど、燃焼室3内の広範囲に亘って燃料が噴射されることにより、酸素不足を招くことのなしに燃焼が行われ、スモークの発生量を抑制することができる。

[0071] 一筒内の酸素濃度の低減制御について—

本実施形態の特徴は、燃料噴射前の筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力を、燃料噴射前の筒内ガス状態を設定するパラメータとし、市街地走行時（モード走行時）などのエミッションの低減を重視する燃焼状態にする場合には、筒内の着火前圧力を低く制限して、筒内の酸素濃度を後述する特定領域にまで低下させることで、スモークの発生を抑止しながら、NO_xの発生量を可能な限り低減できるようにする点にある。以下、この技術的思想について説明する。

[0072] まず、上述したように、筒内の着火前圧力を低減すると、燃焼室3内に噴射された噴霧の運動エネルギーを減衰させるガス圧力（分子密度）が低下し、空間利用率の向上（燃焼場の拡大）によって燃焼速度が低下するので、着火遅れが促進されて予混合燃焼の割合が増大する。予混合燃焼の割合が増大すると、スモークの発生を抑止することができる。

[0073] このような点に着目し、本発明の発明者は、燃料噴射前の筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力をパラメータとし、実験・シミュレーション等によって、筒内の着火前圧力を変化させながら、その各「筒内の着火前圧力」の変化ごとに、筒内の酸素濃度を増減させてスモーク発生領域を調べたところ、図5に示すように、筒内の着火前圧力がある制限範囲内（例えば4 MPa～3 MPa）にある場合、スモーク発生領域が低酸素濃度側にシフトし、筒内の酸素濃度を低減してもスモーク発生領域に達しない領域（特定領域：例えば酸素濃度14%～17%の領域）が存在することを見出した。この特定領域は、上述した如く、筒内の着火前圧力を低減したことにより、着火遅れが促進されて予混合燃焼の割合が増大したことに起因する燃焼形態の領域（拡散燃焼と予混合燃焼とが重畳もしくは一体化した領域）である。以下、この

特定領域を「合体燃焼領域」ともいう。

- [0074] なお、本実施形態において、図5に示す筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力とスモーク発生領域等の各領域との関係はマップ化されており、そのマップは例えばECU100のROM102内に格納されている。
- [0075] そして、本実施形態では、エミッションの低減を重視する燃焼状態にする場合、上記した合体燃焼領域に入るように、筒内の着火前圧力を低く制限して筒内の酸素濃度（燃料噴射前）を低下させることにより、スモークの発生を抑止しながら、NO_x発生量を従来よりも低減できるようにしている。
- [0076] この点について図6のイメージ図を参照して説明する。図6では筒内の酸素濃度（X軸）及び予混合燃焼比率（Y軸）をパラメータとして、スモーク発生領域を3次元で示している。ここで、予混合燃焼比率とは、燃焼期間中における全発生熱量に対する予混合燃焼の熱発生量の比率のことである。
- [0077] まず、筒内圧力が成り行きで高い状態（過給圧大の状態）で、筒内の酸素濃度のみを単に低下していくと（図6のX軸に沿う推移（太破線））、その酸素濃度の低下過程においてスモーク発生領域の山に突入してしまい、排気ガス中にスモークが発生する。このため、従来制御では、例えば図5に示す2点鎖線をガード値として筒内の酸素濃度を下限ガードすることにより、筒内の着火前圧力が高い状態であっても、スモーク発生領域に到達しないようにすることで、排気ガスにスモークが発生しないようにしていた。このような従来制御ではNO_x発生量の低減には限界があった。
- [0078] これに対し、筒内の着火前圧力を上記した制限範囲（図5参照）内に制限して筒内の酸素濃度を低下させていくと、図6の太実線で示すように、酸素濃度の低下過程において予混合燃焼比率（予混合燃焼の割合）が増大するので、上記筒内の酸素濃度のみを単に低下させる場合（従来制御）と比較して、筒内の酸素濃度の低減量を多くしても、スモーク発生領域の山に突入しない燃焼形態（領域）に遷移するようになる。このように、筒内の着火前圧力を低く制限することにより、スモークの発生を抑止しながら、筒内の酸素濃度を従来制御よりも低減することが可能になる。これによってスモーク発生

量の抑制とNO_x発生量の抑制とを両立することが可能となり、排気エミッションの改善を図ることができる。

[0079] ー具体的な制御手順ー

次に、筒内の酸素濃度を低下する際の具体的な制御手順について説明する。

[0080] 図7に示すように、エンジン運転状態が、Aの運転ポイント（性能重視でEGR率0%（L/EGR）の運転ポイント）からBの運転ポイント（例えば市街地走行時（モード走行時）の運転ポイント）に移行する場合を例にとって説明する。

[0081] まず、図7に示す運転ポイントAは、図8上に表すとポイントaの状態となる。ここで、本実施形態では、例えば市街地走行時（モード走行時）など、エミッション重視つまりスモーク発生量及びNO_x発生量の両方を可能な限り抑制することが要求される場合、燃焼形態が図5の合体燃焼領域に遷移するように、筒内の酸素濃度と筒内の着火前圧力とを組み合わせで低下させる。しかしながら、それら筒内の酸素濃度と筒内の着火前圧力とを合体燃焼領域を目標として同時に低下させると、合体燃焼領域への遷移過程においてスモーク発生領域に突入してスモークが発生する可能性がある。そこで、本実施形態においては、合体燃焼領域に遷移する過程においてスモーク発生領域に突入しないように（スモーク発生領域を回避できるように）、筒内の酸素濃度と筒内の着火前圧とを所定の順番をもって低下させていく。その具体的な処理について図8を参照して説明する。なお、以下に説明する処理はECU100において実行される。

[0082] （1）EGRバルブ81の開度を固定した状態（筒内の酸素濃度を固定した状態）で、まずは、ターボチャージャ5の変ノズルベーン機構54に備えられているノズルベーンの開度（VN開度）を限界まで開いていき、エンジン1の過給圧を低くして（吸入空気量を減少させて）、図8に示すように、「aの状態」つまり合体燃焼領域（特定領域）よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から筒内の着火前圧力のみを低下させていく。

さらに、スロットルバルブ（吸気絞り弁）62の開度を小さくして吸入空気量を減少させていき、筒内の着火前圧力を、上記した制限範囲（図5参照）の上限値の近傍にまで低下させる。このようにして筒内の着火前圧力を低下していくと、燃料噴射パターンが変化して燃焼形態が「拡散燃焼」から「分離燃焼」へと移行していく。

[0083] なお、このような処理において、ターボチャージャ5のVN開度を先に調整しているのは、過給能力が高い状態で、先にスロットルバルブ62（吸気絞り弁）の開度を小さくすると、損失が大きくなってしまうので、これを回避するためである。

[0084] ここで、以上の着火前圧力の低減処理において、合体燃焼領域に移行する前の状態における筒内の着火前圧力が比較的小さくて（移行前の筒内の着火前圧力と制限領域の上限値との差が小さくて）、ターボチャージャ5のNV開度の調整だけで、筒内の着火前圧力を、上記した制限範囲（図5参照）の上限値の近傍にまで低下させることができる場合は、スロットルバルブ62の開度調整による吸入空気量の低減を行わなくてもよい。

[0085] （2）ターボチャージャ5のVN開度及びスロットルバルブ62の開度を固定した状態で、EGRバルブ81の開度を大きくしていき、EGR量を増加させていくことで筒内の酸素濃度を低減していく。このとき、上記したマップ（図5をマップ化したマップ）を参照し、合体燃焼領域を目標として、筒内の酸素濃度の低減度合い（図8に示す傾き）を調整することにより、合体燃焼領域内に入るようにする。なお、筒内の酸素濃度を低減する過程において燃料噴射パターン（燃焼形態）は刻々と変化していく。

[0086] 以上のように、エミッション重視の状態に移行する場合には、筒内の着火前圧力に制限を加えて、筒内の酸素濃度を合体燃焼領域にまで低下させることで、スモークの発生を抑制しながら、NO_x発生量の低減化を達成することができる。これによって排気エミッションの改善を図ることができる。

[0087] ここで、上述の如く筒内の着火前圧力を低下させる際に、筒内の着火前圧力が低下しすぎると、HC発生領域（図5参照）に突入する場合があるので

、HC発生領域を考慮したガード値（例えば3MPa）を用いて筒内の着火前圧力を下限ガードすることで、HCの発生を防止する。

[0088] また、このようにして筒内の着火前圧力を下限ガードする場合、その下限ガード値は、固定値であってもよいが、可変に設定することが好ましい。つまり、過渡運転や燃料性状（例えば低セタン価）により着火遅れが発生するとHCが急増するので、これを抑止するために、燃料噴射前の筒内の酸素濃度に応じて下限ガード値を可変に設定することが好ましい。具体的には、筒内の酸素濃度が低い場合は高い場合と比較して、筒内の着火前圧力の下限ガード値を高く設定する。なお、筒内の酸素濃度は、吸入空気量、吸入空気温度、過給圧、EGR率などから得ることができる。

[0089] 一方、合体燃焼領域内の状態から上記した「aの状態」つまり合体燃焼領域（特定領域）よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態にする場合、上述した処理（1）及び（2）とは逆の処理、すなわち、[EGRバルブ81の開度を小さくして筒内の酸素濃度を上昇] → [スロットルバルブ62の開度を大きくして筒内の着火前圧力を上昇] → [ターボチャージャ5のVN開度を小さくして筒内の着火前圧力を上昇]の処理を順次実行して、図9に示すように、スモーク発生領域を回避しながら「aの状態」に移行すればよい。

[0090] ー他の制御手順についてー

上記した図8の例では、合体燃焼領域に移行する際に、筒内の着火前圧力を低下させてから筒内の酸素濃度を低下させているが、スモーク発生領域を回避できる経路であれば、筒内の着火前圧力の低下及び筒内の酸素濃度の低下の制御手順は特に限定されない。

[0091] 例えば図10に示すように、先に筒内の酸素濃度の低下を行い、次いで、筒内の着火前圧力を上記した制限範囲（図5参照）の上限値の近傍にまで低下させる。そして、合体燃焼領域内に入るように筒内の酸素濃度を低下させていくようにしてもよい。また、図11に示すように、先に筒内の酸素濃度の低下を行ってスモーク発生領域の直前の状態にしてから、筒内の着火前圧

力を上記した制限範囲（図5参照）の上限値の近傍にまで低下させた後に、合体燃焼領域内に入るように筒内の酸素濃度を低下させていくようにしてもよい。さらに、図12に示すように、筒内の着火前圧力の低下と筒内の酸素温度の低下とを同時に制御してスモーク発生領域の直前の状態にしてから、筒内の着火前圧力を低下させた後に、合体燃焼領域内に入るように筒内の酸素濃度を低下させていくようにしてもよい。

[0092] なお、合体燃焼領域内の状態から、当該合体燃焼領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態にする場合においても、スモーク発生領域を回避できる経路であれば、筒内の着火前圧力の上昇及び筒内の酸素濃度の上昇の制御手順は特に限定されない。

[0093] ー他の実施形態ー

以上の例では、過給装置や吸気絞り弁を用いて筒内の着火前圧力を低下または上昇させているが、本発明はこれに限定されない。例えば可変バルブタイミング（VVT）機構などの筒内圧力を調整できる圧力可変調整機構が内燃機関に装備されている場合、その圧力可変調整機構により筒内の着火前圧力を低下または上昇させるようにしてもよい。また、そのような圧力可変調整機構と上記した過給装置や吸気絞り弁とを組み合わせる筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成してもよい。

[0094] 以上の例では、コモンレール式筒内直噴型多気筒（4気筒）ディーゼルエンジンに本発明を適用した場合について説明した。本発明はこれに限らず、例えば6気筒ディーゼルエンジンなど他の任意の気筒数のディーゼルエンジンにも適用可能である。また、本発明が適用可能なエンジンは、自動車用のエンジンに限るものではない。

[0095] 以上の例では、通電期間においてのみ全開の開弁状態となることにより燃料噴射率を変更するピエゾインジェクタ23を適用したエンジン1について説明したが、本発明は、可変噴射率インジェクタを適用したエンジンへの適用も可能である。

産業上の利用可能性

[0096] 本発明は、自動車に搭載されるコモンレール式筒内直噴型多気筒ディーゼルエンジンにおいて、スモーク発生量及びNO_x発生量を抑制する燃焼制御に利用可能である。

符号の説明

- [0097]
- 1 エンジン（内燃機関）
 - 3 燃焼室（気筒）
 - 23 インジェクタ（燃料噴射弁）
 - 5 ターボチャージャ
 - 54 可変ノズルベーン機構
 - 62 スロットルバルブ
 - 81 EGRバルブ
 - 100 ECU

請求の範囲

- [請求項1] 燃料噴射弁から気筒内に噴射された燃料が気筒内で燃焼する圧縮自着火式の内燃機関の燃焼制御装置において、
- 前記燃料噴射弁の燃料噴射前における筒内の酸素濃度を調整可能な酸素濃度調整手段と、筒内の着火前圧力を調整可能な圧力調整手段と、筒内の着火前圧力が所定圧力以下に制限された領域で酸素濃度を低減してもスモークが発生しない特定領域を目標として、その特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域の状態にする場合は、前記筒内の着火前圧力の低下と前記筒内の酸素濃度の低下とを組み合わせることで制御することにより、スモーク発生領域を回避しながら前記特定領域の状態に設定するガス状態制御手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項2] 請求項1記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
- 前記特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域の状態にする場合は、筒内の着火前圧力を低下させてから筒内の酸素濃度を低下させることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項3] 請求項1記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
- 前記特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態から当該特定領域の状態にする場合は、筒内の着火前圧力の低下と筒内の酸素濃度の低下とを同時に制御してスモーク発生領域の直前の状態にしてから、筒内の着火前圧力を低下させ、筒内の酸素濃度を低下させることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
- 前記筒内の着火前圧力を低下させる際に、ガード値を用いて当該筒内の着火前圧力を下限ガードすることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

- [請求項5] 請求項 4 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記筒内の着火前圧力の下限ガード値はHC発生領域を考慮して設定されることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項6] 請求項 4 または 5 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記筒内の着火前圧力の下限ガード値は前記筒内の酸素濃度に応じて可変に設定されることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項7] 請求項 1 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記ガス状態制御手段は、前記特定領域の状態から当該特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態にする場合に、筒内の酸素濃度の上昇と前記筒内の着火前圧力の上昇とを組み合わせることで制御することにより、スモーク発生領域を回避しながら前記特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態に制御する機能も備えていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項8] 請求項 7 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記特定領域の状態から当該特定領域よりも筒内の酸素濃度及び筒内の着火前圧力が高い状態にする場合は、筒内の酸素濃度を上昇させてから筒内の着火前圧力を上昇させることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項9] 請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記酸素濃度調整手段は、前記内燃機関の排気系に排出された排気ガスの一部を吸気系に還流させる排気還流装置であって、この排気還流装置によって排気ガスの吸気系への還流量を増大または減少させることにより、前記筒内の酸素濃度を低下または上昇させるように構成されていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。
- [請求項10] 請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 つに記載の内燃機関の燃焼制御装置において、
前記圧力調整手段は、吸気系において吸入空気を過給する過給装置

であって、この過給装置によって吸入空気量を減少または増大させることにより、筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成されていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

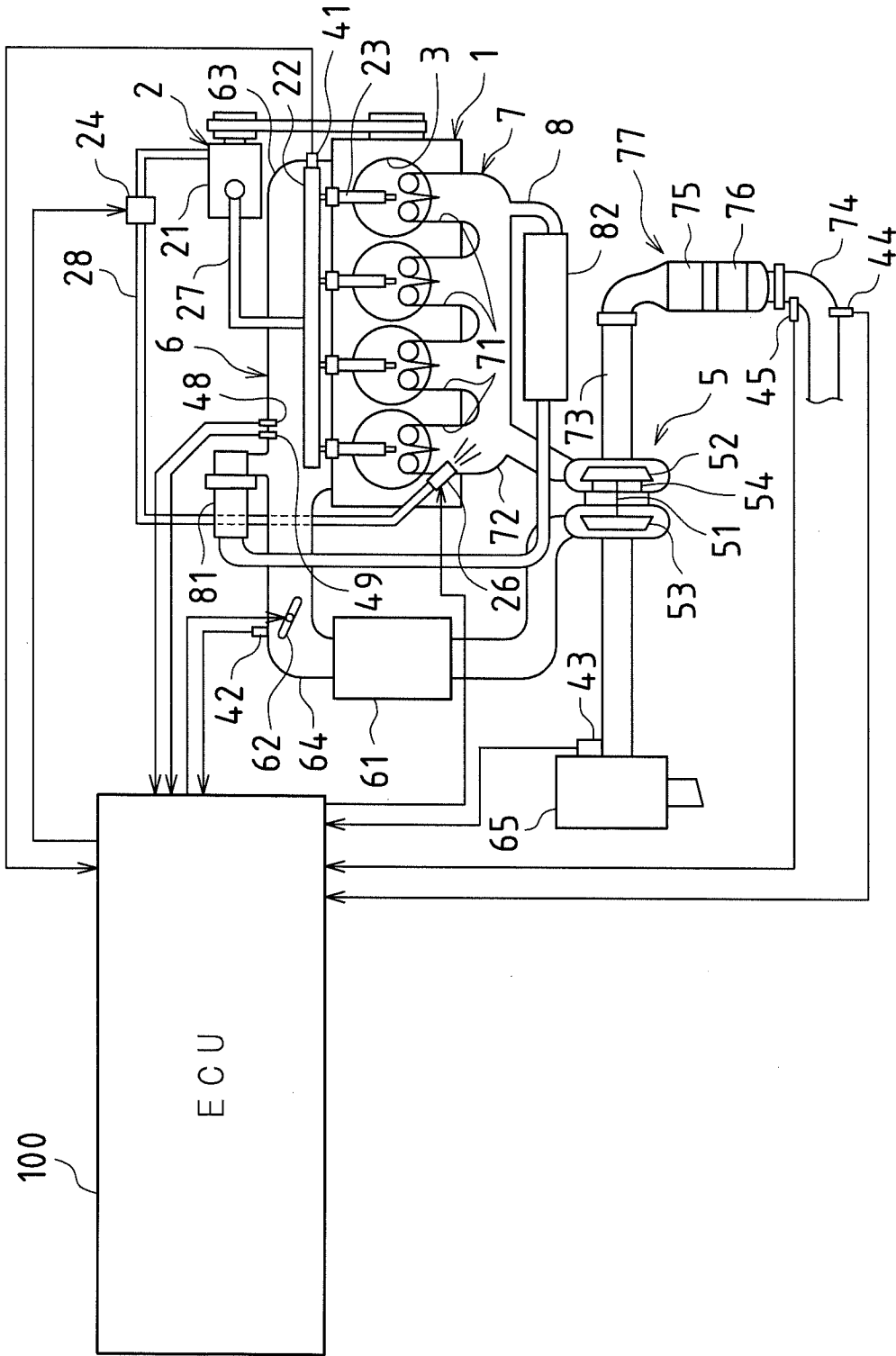
[請求項11] 請求項1～9のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

上記圧力調整手段は、吸気系において吸入空気量を調整する吸気絞り弁であって、この吸気絞り弁によって吸入空気量を減少または増大させることにより、筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成されていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

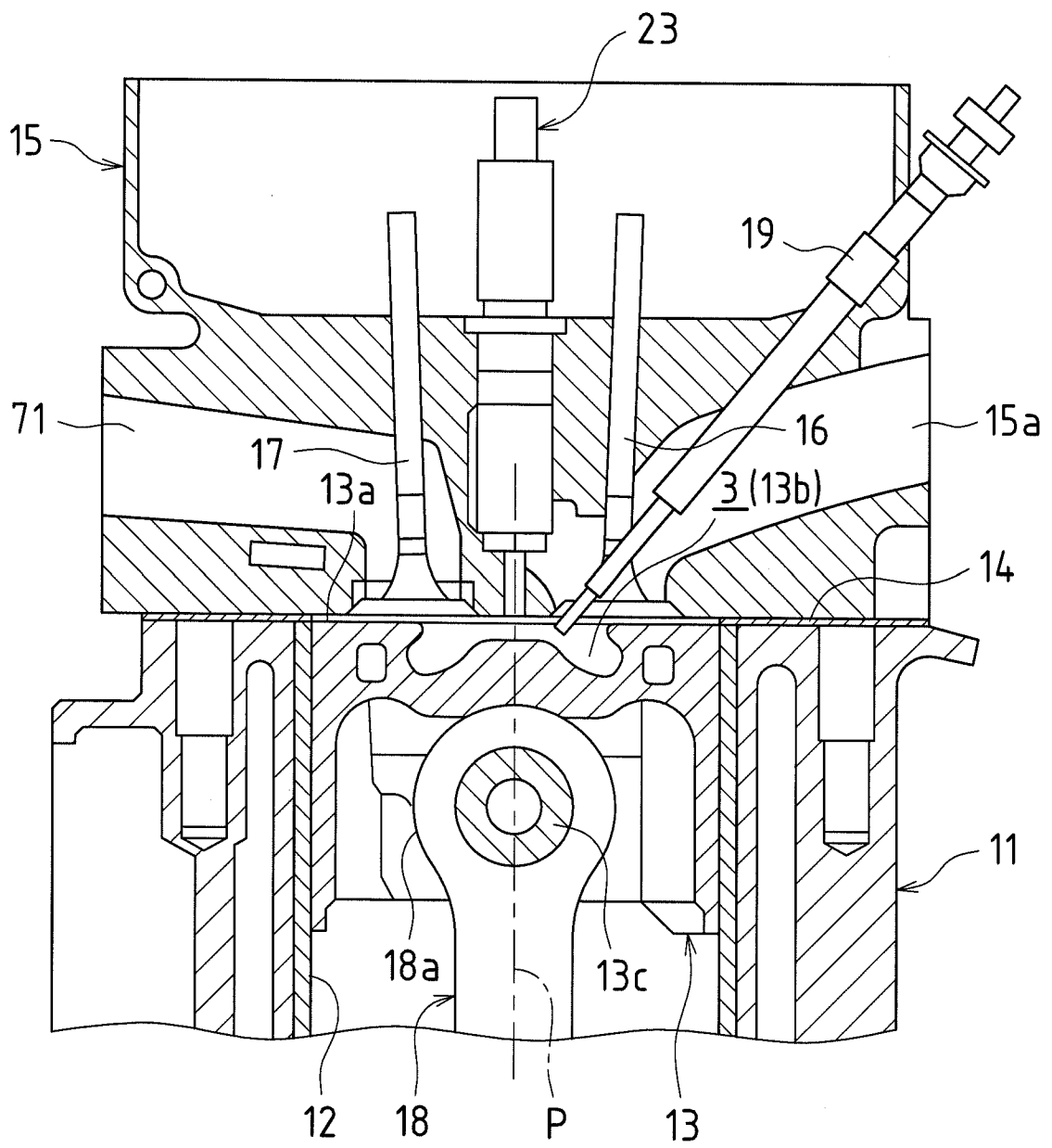
[請求項12] 請求項10または11に記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

前記過給装置及び吸気絞り弁を備え、前記過給装置による吸入空気量の減少または増大と、前記吸気絞り弁による吸入空気量の減少または増大とを組み合わせ、筒内の着火前圧力を低下または上昇させるように構成されていることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

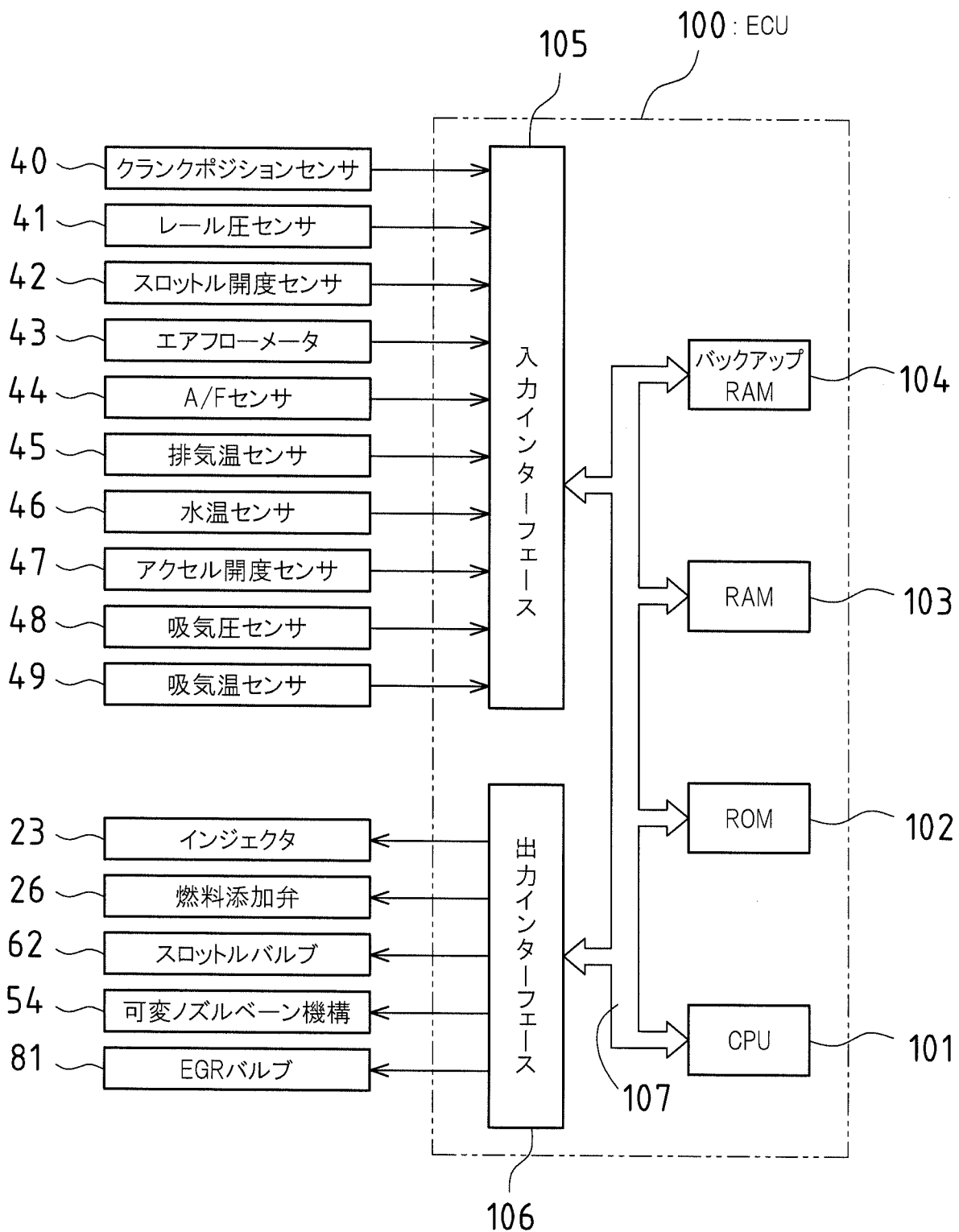
[図1]



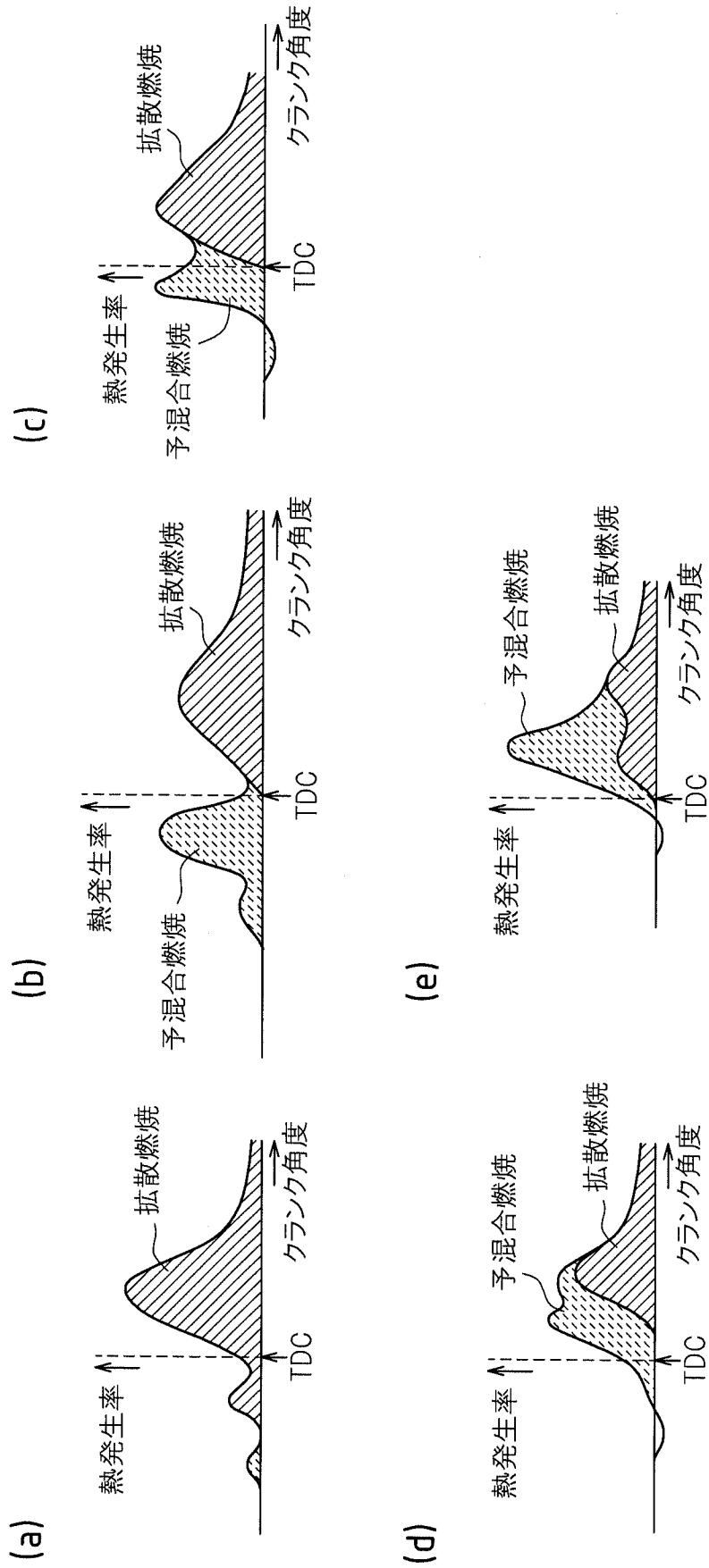
[図2]



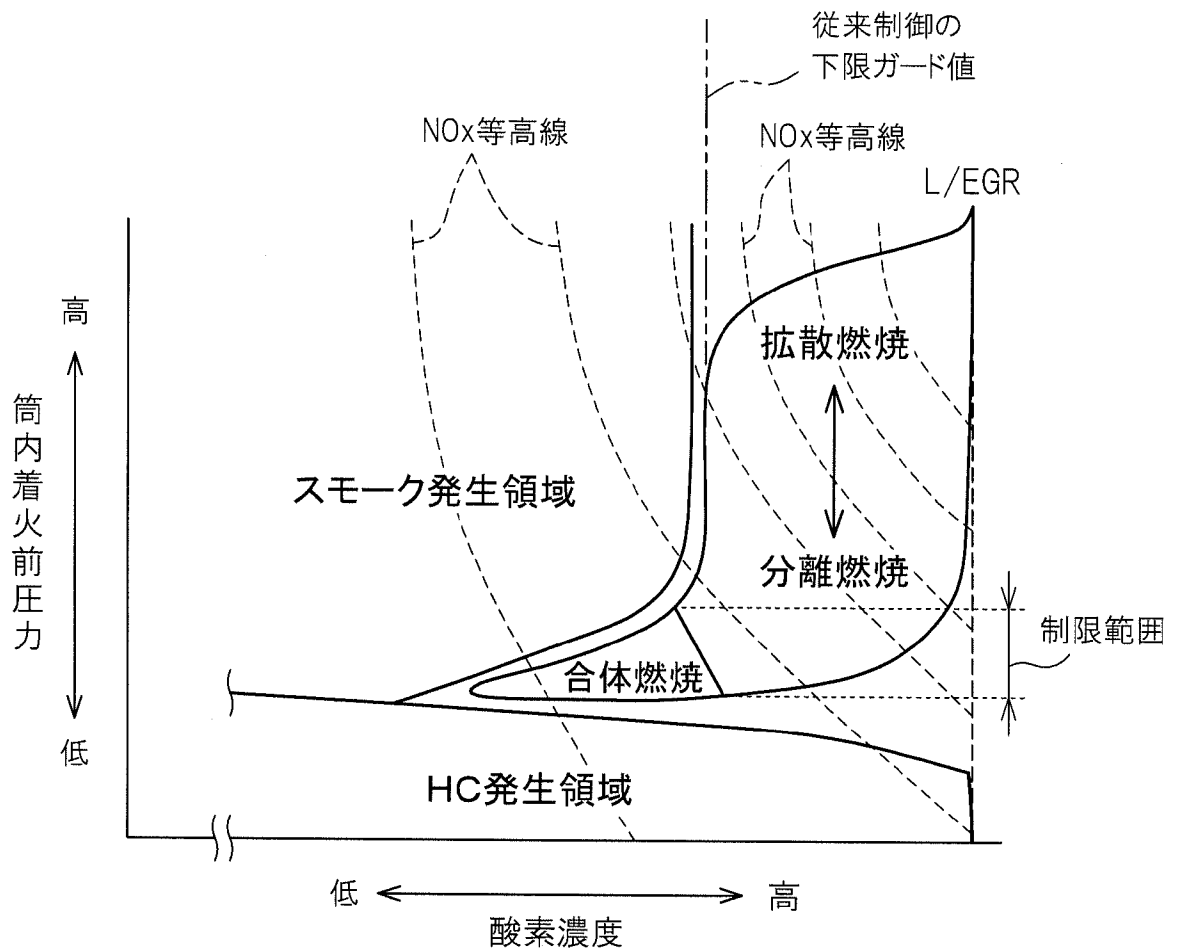
[図3]



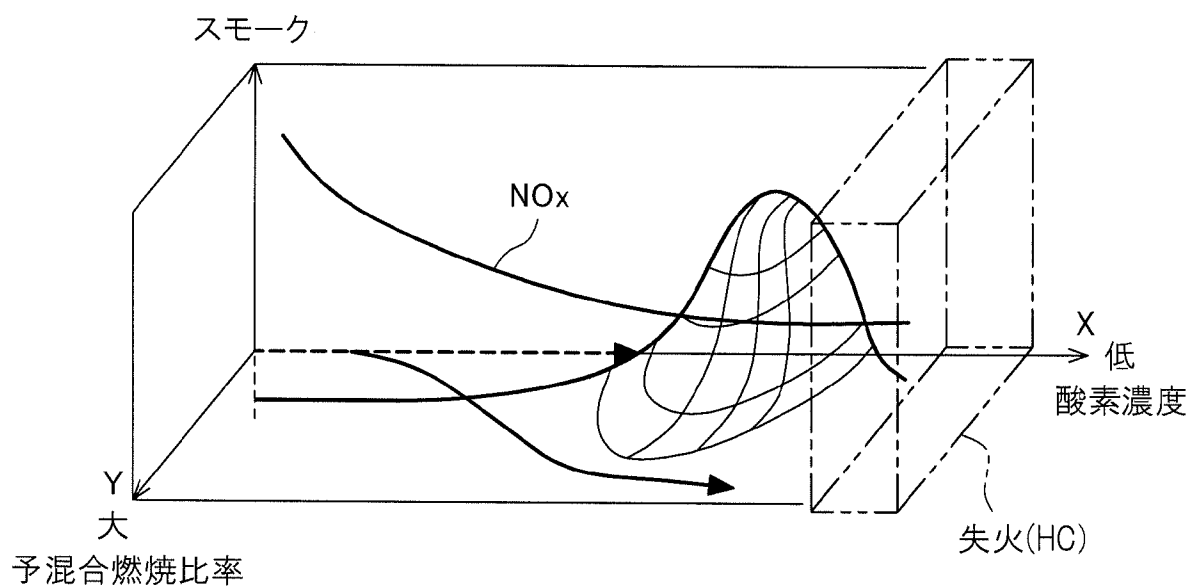
[図4]



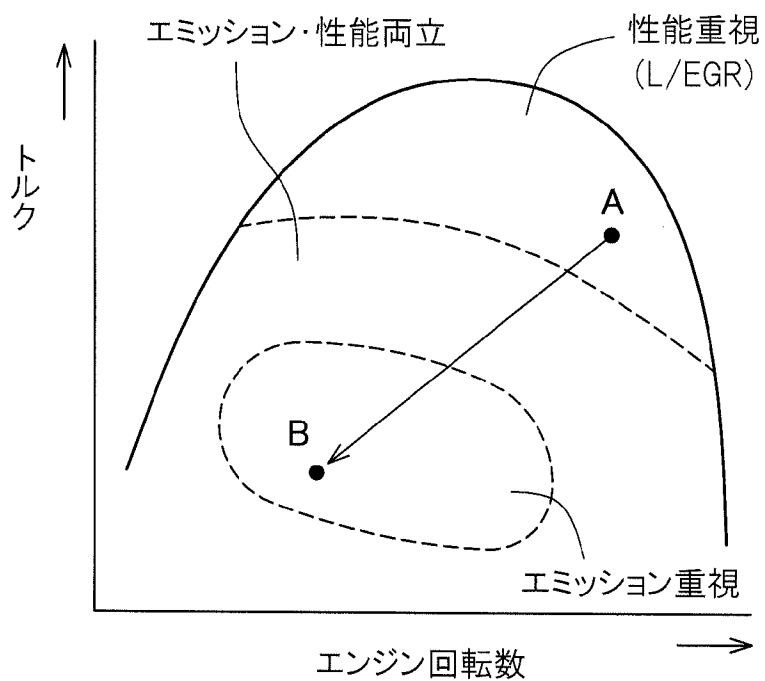
[図5]



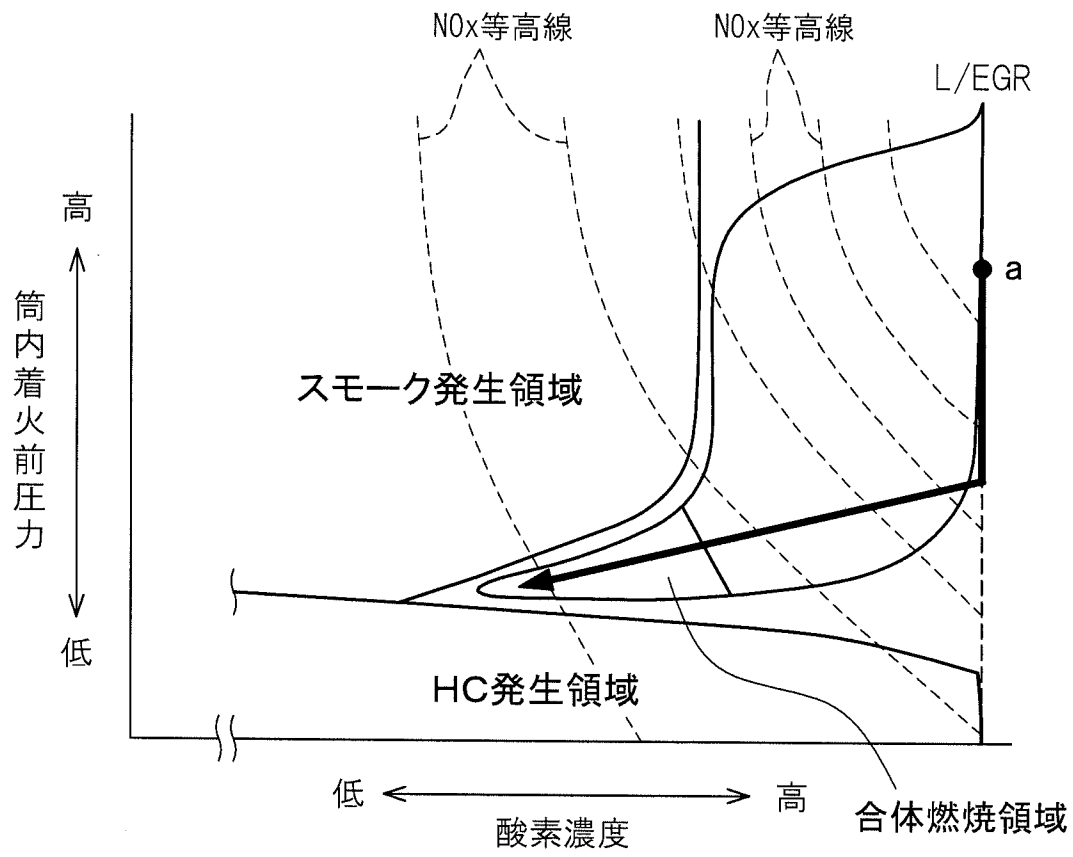
[図6]



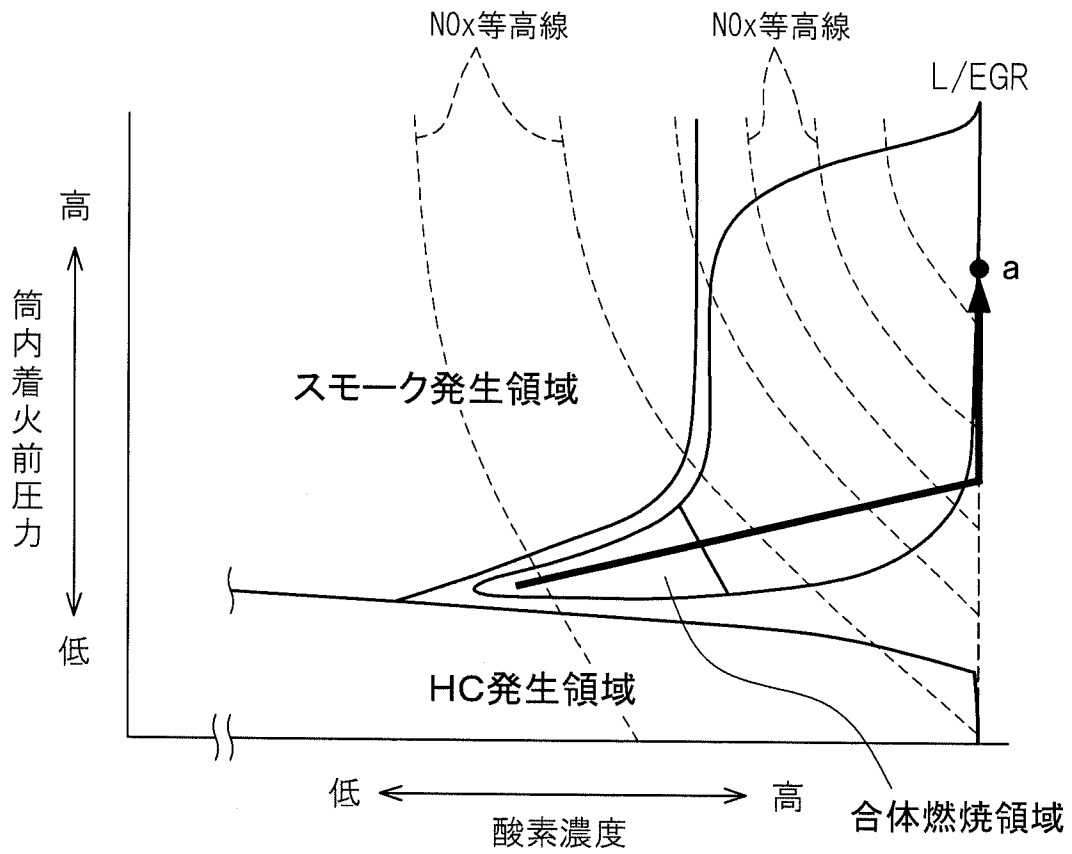
[図7]



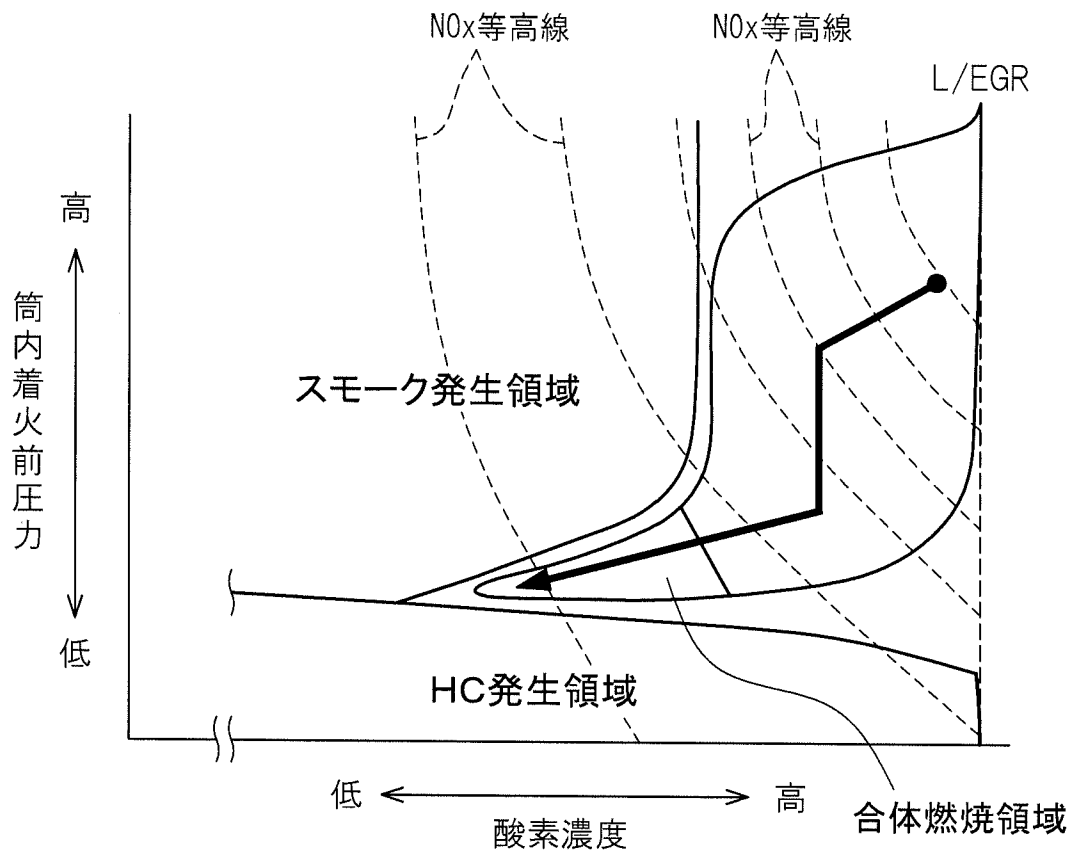
[図8]



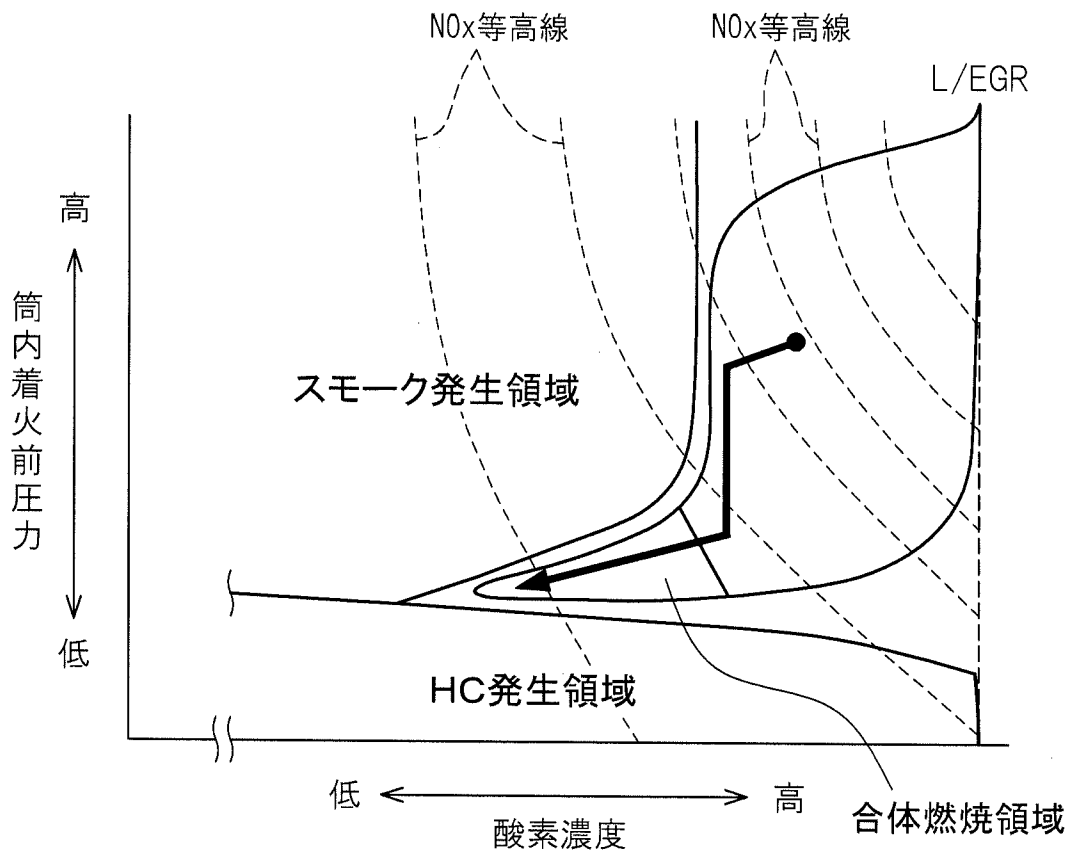
[図9]



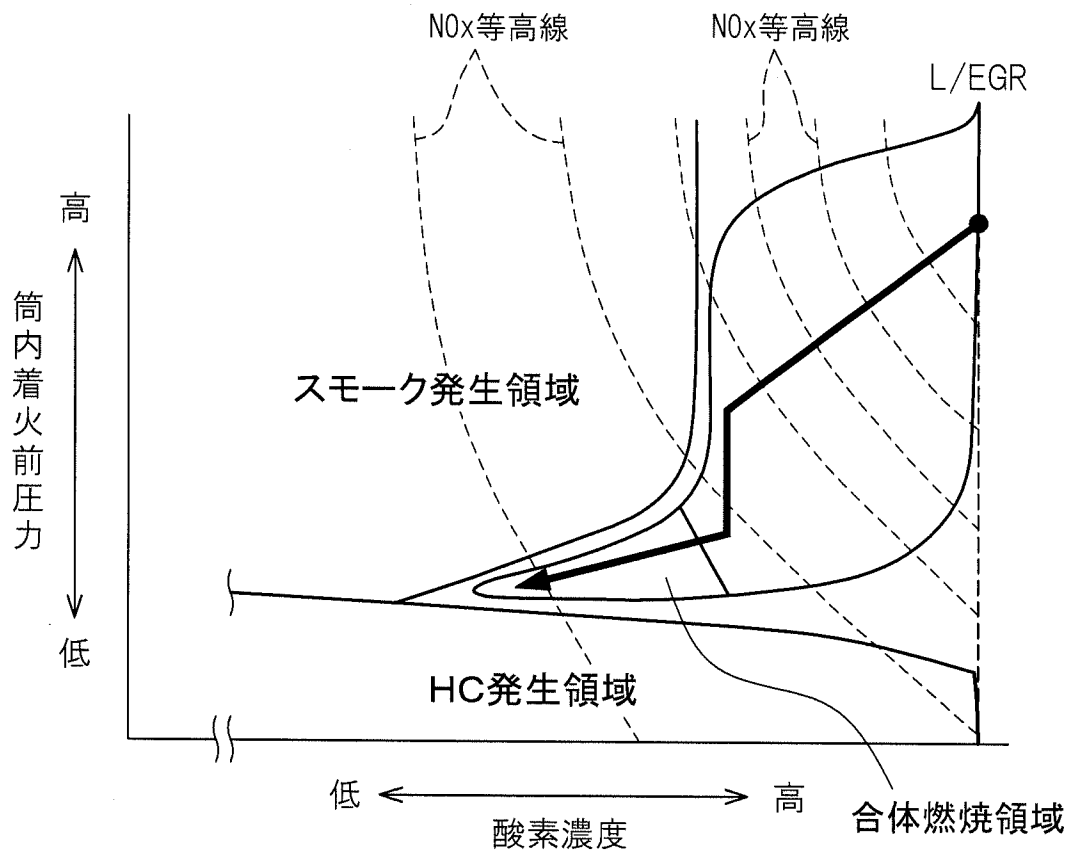
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D41/04 (2006.01) i, *F02D43/00* (2006.01) i, *F02D45/00* (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D41/04, *F02D43/00*, *F02D45/00*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-299530 A (Isuzu Motors Ltd.), 27 October 2005 (27.10.2005), paragraphs [0017], [0069]; fig. 3 (Family: none)	1, 4-7, 9-12 2, 3, 8
Y A	JP 8-218920 A (Toyota Motor Corp.), 27 August 1996 (27.08.1996), paragraphs [0070] to [0074] & US 5732554 A & EP 732485 A2	1, 4-7, 9-12 2, 3, 8
Y A	JP 2002-161796 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 June 2002 (07.06.2002), claim 14; paragraphs [0005], [0333] (Family: none)	4-6, 9-12 1-3, 7, 8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
22 April, 2010 (22.04.10)

Date of mailing of the international search report
11 May, 2010 (11.05.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/055397

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-3415 A (Mazda Motor Corp.), 08 January 2004 (08.01.2004), claim 1 & EP 1348857 A2	1-12
A	JP 2009-47014 A (Mazda Motor Corp.), 05 March 2009 (05.03.2009), claim 1 (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02D41/04(2006.01)i, F02D43/00(2006.01)i, F02D45/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. F02D41/04, F02D43/00, F02D45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2005-299530 A (いすゞ自動車株式会社) 2005. 10. 27, 段落 [0017], [0069], 図3 (ファミリーなし)	1, 4-7, 9-12 2, 3, 8
Y A	JP 8-218920 A (トヨタ自動車株式会社) 1996. 08. 27, 段落 [0070] - [0074] & US 5732554 A & EP 732485 A2	1, 4-7, 9-12 2, 3, 8
Y A	JP 2002-161796 A (日産自動車株式会社) 2002. 06. 07, [請求項14], 段落 [0005], [0333] (ファミリーなし)	4-6, 9-12 1-3, 7, 8

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 22.04.2010	国際調査報告の発送日 11.05.2010
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小川 恭司 電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-3415 A (マツダ株式会社) 2004.01.08, [請求項1] & EP 1348857 A2	1-12
A	JP 2009-47014 A (マツダ株式会社) 2009.03.05, [請求項1] (ファミリーなし)	1-12