

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5278596号
(P5278596)

(45) 発行日 平成25年9月4日(2013.9.4)

(24) 登録日 平成25年5月31日(2013.5.31)

(51) Int.Cl.		F I		
FO2D 41/38	(2006.01)		FO2D 41/38	B
FO2D 41/04	(2006.01)		FO2D 41/04	385Z
			FO2D 41/04	380P

請求項の数 15 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-506742 (P2012-506742)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(86) (22) 出願日	平成22年3月26日(2010.3.26)	(74) 代理人	110000947 特許業務法人あーく特許事務所
(86) 国際出願番号	PCT/JP2010/055399	(72) 発明者	灘 光博 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(87) 国際公開番号	W02011/118031	審査官	有賀 信
(87) 国際公開日	平成23年9月29日(2011.9.29)		
審査請求日	平成24年9月14日(2012.9.14)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料噴射弁から燃焼室内に噴射された燃料が、「予混合燃焼」及びこの「予混合燃焼」の後に開始される「拡散燃焼」により燃焼室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、

前記燃焼室内での燃焼形態が、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳した熱発生が存在し、それら2つの燃焼重心間における重畳熱発生率の最小値が10 [J / A] よりも小さい燃焼形態となるようにするとともに、2つの燃焼重心間における前記重畳熱発生率の最小値が圧縮上死点(TDC)以降に発生するように、前記燃料噴射弁の燃料噴射形態を調整する噴射制御手段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、

前記燃料噴射弁は、上記燃焼室内での燃焼として主に「予混合燃焼」を行わせるための第1噴射と、上記燃焼室内での燃焼として主に「拡散燃焼」を行わせるための第2噴射とを個別に実行可能となっており、これら第1噴射及び第2噴射の燃料噴射形態を調整することにより、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、それら2つの燃焼重心間における前記重畳熱発生率の最小値が10 [J / A] よりも小さい燃焼形態に制御することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項3】

10

20

請求項 2 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

要求 NO_x 量に応じて、前記拡散燃焼用の第 2 噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点に対して遅角して拡散燃焼を遅角するとともに、その遅角拡散燃焼の燃焼重心と予混合燃焼の燃焼重心との間の前記重畳熱発生率の最小値が $10 [J / A]$ よりも小さくなるように、前記予混合燃焼用の第 1 噴射の噴射時期を調整す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 3 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

要求 NO_x 量に応じて拡散燃焼を遅角するにあたり、その遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量を前記第 2 噴射の燃料噴射量とし、その第 2 噴射の燃料噴射量と要求総燃料噴射量とに基づいて前記第 1 噴射の燃料噴射量を決定することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

10

【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、

前記第 2 噴射の燃料噴射量と要求総燃料噴射量とに基づいて決定される第 1 噴射の燃料噴射量が所定の上限量よりも多い場合、その余剰燃料量分については前記第 2 噴射後に噴射されるように前記燃料噴射弁の燃料噴射形態を調整す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 2 ~ 5 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、

前記第 1 噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点に対して進角させる際に、その第 1 噴射の噴射時期の進角量をガード値によって制限することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

20

【請求項 7】

請求項 6 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

前記第 1 噴射の進角量を制限するガード値は未燃炭化水素の発生量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 8】

請求項 2 ~ 7 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、

前記第 1 噴射による燃料噴射が複数回に分割して実行されることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

30

【請求項 9】

燃料噴射弁から燃焼室内に噴射された燃料が、「予混合燃焼」及びこの「予混合燃焼」の後に開始される「拡散燃焼」により燃焼室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、

前記燃料噴射弁は、燃料噴射弁による燃料噴射形態を、主に「予混合燃焼」を行わせるための第 1 噴射と、主に「拡散燃焼」を行わせるための第 2 噴射とを個別に実行可能となっており、前記燃焼室内での燃焼形態が、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳した熱発生が存在し、それら 2 つの燃焼重心間における重畳熱発生率の最小値が $10 [J / A]$ よりも小さい燃焼形態となるようにするとともに、

40

前記予混合燃焼用の第 1 噴射の噴射終了時期と、前記拡散燃焼用の第 2 噴射の噴射開始時期との間のインターバルを、前記第 1 噴射の噴射期間とこの第 1 噴射による燃焼の着火遅れ期間との合計期間以上に調整する噴射制御手段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 10】

請求項 9 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

要求 NO_x 量に応じて、前記拡散燃焼用の第 2 噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点に対して遅角して拡散燃焼を遅角するとともに、その噴射時期を遅角した第 2 噴射と前記第 1 噴射との間のインターバルが前記合計期間以上となるように、前記予混合燃焼用の第 1

50

噴射の噴射時期を調整することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

要求 NO_x 量に応じて拡散燃焼を遅角するにあたり、その遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量を前記第 2 噴射の燃料噴射量とし、その第 2 噴射の燃料噴射量と要求総燃料噴射量とに基づいて前記第 1 噴射の燃料噴射量を決定することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

前記第 2 噴射の燃料噴射量と要求総燃料噴射量とに基づいて決定される第 1 噴射の燃料噴射量が所定の上限量よりも多い場合、その余剰燃料量分については前記第 2 噴射後に噴射されるように前記燃料噴射弁の燃料噴射形態を調整することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

10

【請求項 1 3】

請求項 9 ~ 1 2 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、

前記第 1 噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点に対して進角させる際に、その第 1 噴射の噴射時期の進角量をガード値によって制限することを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の内燃機関の燃焼制御装置において、

前記第 1 噴射の進角量を制限するガード値は未燃炭化水素の発生量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。

20

【請求項 1 5】

請求項 9 ~ 1 4 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、

前記第 1 噴射による燃料噴射が複数回に分割して実行されることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【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。

30

【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は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）。

40

【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、燃焼行程時の燃焼騒音の低減、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】

50

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。

【0006】

また、燃焼室内への燃料噴射を分割（例えば2分割）して、その先の第1噴射での燃焼を予混合燃焼とすることで燃焼場での酸素不足を解消する燃料噴射手法がある。このような燃料噴射手法において、先の第1噴射に、後の第2噴射の噴射時期を近づけて噴霧干渉冷却を最大限に活用すれば、NO_x発生量及びスモーク発生量を抑制できるとともに、燃費（燃料消費率）の悪化を抑制することができる。なお、噴霧干渉冷却とは、先行して噴射された燃料の噴霧が、後続して噴射された燃料の吸熱反応によって冷却される現象のことである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【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】

【0008】

上述の如く噴霧干渉冷却を活用した燃焼（予混合燃焼主体の燃焼）によれば、NO_x発生量の抑制、スモーク発生量の抑制、燃費悪化の抑制は可能であるが、初期の着火遅れが燃焼全体に波及する燃焼（ロバスト性の低い燃焼）であるため、過渡運転時の過給装置による過給遅れが原因で筒内圧力が低下したり、EGR量の減量動作の遅れなどにより筒内の酸素濃度が低下して、予混合燃焼の着火遅れが大きくなった場合、燃焼重心が大きく遅角してしまい、HC（炭化水素）が急増したり、失火が発生するおそれがある。また、低セタン価の燃料が使用された場合においても、予混合燃焼の着火遅れが大きくなるので同様な問題が発生する。

【0009】

本発明はそのような実情を考慮してなされたもので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃焼使用時においてもエミッションの低減及び燃焼安定性の確保を図ることが可能な内燃機関の燃焼制御装置を適用することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

－課題の解決原理－

上記の目的を達成するために講じられた本発明の解決原理は、燃焼室内における燃焼形態として予混合燃焼及び拡散燃焼のそれぞれの優位点を利用できるように、これら予混合燃焼の重心と拡散燃焼の重心とをずらして、それら予混合燃焼と拡散燃焼とを分離させることにより、排気エミッションの改善及び燃焼の安定性を図る点に特徴がある。

【0011】

なお、上記燃焼重心とは、燃焼室内に噴射された燃料（例えば、予混合燃焼用の燃料噴射で噴射された燃料、拡散燃焼用の燃料噴射で噴射された燃料）が燃焼室内で燃焼する際に、その全ての燃料の燃焼が完了する完全燃焼状態を燃焼度合い「100%」とした場合において、燃焼度合いが「50%」に達したときをいう。言い換えると、燃焼室内での熱発生量の累積が、噴射された燃料の全量が燃焼した場合の熱発生量に対して「50%」に達したときをいう。

【0012】

- 解決手段 -

本発明は、燃料噴射弁から燃焼室内に噴射された燃料が、「予混合燃焼」及びこの「予混合燃焼」の後に開始される「拡散燃焼」により燃焼室内で燃焼する圧縮自着火式の内燃機関の燃焼制御装置を前提しており、このような内燃機関の燃焼制御装置において、前記燃焼室内での燃焼形態が、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳した熱発生が存在し、それら2つの燃焼重心間における重畳熱発生率の最小値が $10 [J / A]$ よりも小さい燃焼形態となるようにするとともに、2つの燃焼重心間における前記重畳熱発生率の最小値が圧縮上死点(TDC)以降に発生するように、前記燃料噴射弁の燃料噴射形態(燃料噴射パターン)を調整する噴射制御手段を備えていることを技術的特徴としている。

【0013】

このようにして予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心との間における熱発生率の最小値(熱発生率波形の最小ピーク)を所定値(具体的には $10 [J / ^\circ C A]$)よりも小さくして、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳熱発生率を制限することにより、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することができる。

【0014】

そして、上述の如く予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した分離燃焼とすることにより、予混合燃焼によってスモーク発生量及び NO_x 発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

【0015】

なお、この発明において、燃料噴射弁による燃料噴射形態を、主に「予混合燃焼」を行わせるための第1噴射と、主に「拡散燃焼」を行わせるための第2噴射とを個別に実行可能な形態として、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した燃焼形態を実現する。

【0016】

また、この発明において、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが離れ過ぎると、第1噴射による予混合燃焼により燃焼室内が十分に予熱なされない傾向となり、第2噴射による拡散燃焼の着火遅れが懸念されるので、この点を考慮して、拡散燃焼の着火時期が適切な時期となるように、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心との間の間隔の上限を制限しておく。

【0017】

次に、この発明の具体的な例について説明する。

【0018】

まず、この発明において、拡散燃焼を遅角して NO_x 発生量を抑制するようにしてもよい。具体的には、例えば、内燃機関に対して要求される要求 NO_x 量に応じて、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点(TDC)に対して遅角して拡散燃焼を遅角することで、 NO_x 量を要求通りの値に規制するようにしてもよい。この場合、第2噴射の噴射時期遅角(拡散燃焼の遅角)に合わせて、その遅角拡散燃焼の燃焼重心と予混合燃焼の燃焼重心との間の熱発生率の最小値が所定値(例えば $10 [J / ^\circ C A]$)よりも小さくなるように、予混合燃焼用の第1噴射の噴射時期を調整する。

【0019】

上述の如く NO_x 発生量を抑制するには、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期を遅角すればよいが、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期を遅角するほど、燃焼空間が拡大して酸素濃度が低下するのでスモークが発生する傾向となる。つまり、筒内に噴射した燃料の液滴の飛行距離は、筒内の酸素濃度及び燃料噴射量に相関があり、燃料噴射量が同じでも、筒内の酸素濃度が低いほど筒内での燃料液滴の飛行距離が長くなる。そして、筒内での燃料液滴の飛行距離が長くなると、噴霧干渉冷却効果が大きくなって拡散燃焼における予混合燃焼成分の割合が増加するのでスモークが発生する傾向になる。これを抑制するためには拡散燃焼用噴射の燃料噴射量を少なくする必要がある。

10

20

30

40

50

【0020】

このような点を考慮して、この発明では、第2噴射の噴射時期（拡散燃焼の遅角）に応じて、その第2噴射の燃料噴射量を調整することでスモークの発生を抑止する。具体的には、要求NOx量に応じて第2噴射の噴射時期を遅角して拡散燃焼を遅角するにあたり、その遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量（遅角拡散燃焼でスモークが発生しない上限燃料量）を第2噴射の燃料噴射量とする。このようにして第2噴射の燃料噴射量の上限を制限することで、拡散燃焼用の燃料が余剰に噴射されることがなくなるので、拡散燃焼でのスモークの発生を抑止することができる。

【0021】

そして、その第2噴射の燃料噴射量と総燃料噴射量（要求総トルクを得るために必要な総燃料噴射量）とに基づいて予混合燃焼用の第1噴射の燃料噴射量（第1噴射の燃料噴射量 = [総燃料噴射量 - 第2噴射の燃料噴射量]）を決定する。このとき、第1噴射の燃料噴射量が多くなり過ぎると燃焼騒音が大きくなるので、この点（燃焼騒音の増大）を考慮して第1噴射の燃料噴射量を上限を制限する。この場合、第1噴射の燃料噴射量が上限量よりも多くなるときには、その余剰燃料量分については、拡散燃焼用の第2噴射の後において噴射（アフター噴射）することで発生トルクを確保する。

10

【0022】

この発明において、(a1)第1噴射による予混合燃焼の燃焼重心と第2噴射による予混合燃焼の燃焼重心とを分離し、これら2つ燃焼重心間における熱発生率の最小値を所定値（例えば10 [J/°CA]）よりも小さくするために第1噴射の噴射時期をTDC（ピストン圧縮上死点）に対して大きく進角する必要がある場合、あるいは、(a2)第1噴射による予混合燃焼の予混合燃焼度合いを高くするために第1噴射をTDCに対して進角させる場合において、その第1噴射の噴射時期を進角し過ぎると、未燃HC（炭化水素）が増加するので、これを抑止するために第1噴射の進角量をガード値にて制限する必要がある。その進角ガード値は、未燃HC（炭化水素）の発生量を考慮して設定する。この場合、第1噴射の噴射時期の進角量に対する進角ガード値は、機関回転数（エンジン回転数）に応じて可変に設定するようにしてもよい。

20

【0023】

なお、第1噴射の噴射時期を進角ガード値に制限した場合に、この第1噴射の燃料噴射量を減量補正する必要がある場合は、その第1噴射の減量補正分（余剰燃料量分）については、第2噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。

30

【0024】

また、第1噴射については、噴射を複数回に分割した分割噴射としてもよい。このように第1噴射を分割噴射とすると、過拡散による未燃HCを抑制することができる。

【0025】

本発明の他の解決手段として、燃料噴射弁から燃焼室内に噴射された燃料が、「予混合燃焼」及びこの「予混合燃焼」の後に開始される「拡散燃焼」により燃焼室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、燃料噴射弁による燃料噴射形態を、主に「予混合燃焼」を行わせるための第1噴射と、主に「拡散燃焼」を行わせるための第2噴射とを個別に実行可能な形態とする。そして、前記燃焼室内での燃焼形態が、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳した熱発生が存在し、それら2つの燃焼重心間における重畳熱発生率の最小値が10 [J/A]よりも小さい燃焼形態となるようにするとともに、前記第1噴射の噴射終了時期と前記第2噴射の噴射開始時期との間のインターバルを、前記第1噴射の噴射期間と当該第1噴射による燃焼の着火遅れ期間との合計期間以上に調整するという構成を挙げることができる。

40

【0026】

この発明においても、燃焼室内での燃焼形態を、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した分離燃焼とすることができる。すなわち、ディーゼルエンジンにおいて燃焼室内への燃料の噴射期間は、その燃料噴射で発生する「燃焼」の燃焼期間に比例するので、第1噴射の噴

50

射期間（燃焼期間）に、この第1噴射での燃焼の着火遅れ期間を加えた分のインターバルを、第1噴射の噴射終了時期と第2噴射の噴射開始時期との間にあけておくことで、予混合燃焼の着火遅れが拡散燃焼に影響しない分離燃焼とすることができる。

【0027】

そして、このようにして第1噴射による予混合燃焼と第2噴射による燃焼とを分離した分離燃焼とすることにより、予混合燃焼によってスモーク発生量及びNO_x発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、上述の如く先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

10

【0028】

ここで、この発明において、第1噴射と第2噴射との間のインターバルは、第1噴射の噴射期間と第1噴射による燃焼の着火遅れ期間との合計期間であってもよいし、その合計期間よりも上記インターバルを長く設定してもよい。ただし、第1噴射と第2噴射との間のインターバルを上記合計期間よりも長くする場合、そのインターバルが長すぎて、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが離れ過ぎてしまうと、第1噴射による予混合燃焼により燃焼室内が十分に予熱なされない傾向となり、第2噴射による拡散燃焼の着火遅れが懸念されるので、この点を考慮して、拡散燃焼の着火時期が適切な時期となるように、上記第1噴射と第2噴射との間のインターバルの上限値を制限しておく。

20

【0029】

次に、この発明の具体的な例について説明する。

【0030】

この発明においても、拡散燃焼を遅角してNO_x発生量を抑制するようにしてもよい。具体的には、例えば、内燃機関に対して要求される要求NO_x量に応じて、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点（TDC）に対して遅角して拡散燃焼を遅角することで、NO_x量を要求通りの値に規制するようにしてもよい。この場合、第2噴射の噴射時期遅角に合わせて、その噴射時期を遅角した第2噴射と第1噴射との間のインターバルが上記合計期間以上となるように、予混合燃焼用の第1噴射の噴射時期を調整する。

【0031】

ここで、上述の如くNO_x発生量を抑制するには、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期を遅角すればよいが、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期を遅角するほど、燃焼空間が拡大して酸素濃度が低下するのでスモークが発生する傾向となる。これを抑制するためには拡散燃焼用噴射の燃料噴射量を少なくする必要がある。

30

【0032】

そこで、この発明においても、第2噴射の噴射時期（拡散燃焼の遅角）に応じて、その第2噴射の燃料噴射量を調整することでスモークの発生を抑止する。具体的には、要求NO_x量に応じて第2噴射の噴射時期を遅角して拡散燃焼を遅角するにあたり、その遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量（遅角拡散燃焼でスモークが発生しない上限燃料量）を第2噴射の燃料噴射量とする。このようにして第2噴射の燃料噴射量の上限を制限することで、拡散燃焼用の燃料が余剰に噴射されることがなくなるので、拡散燃焼でのスモークの発生を抑止することができる。

40

【0033】

そして、その第2噴射の燃料噴射量と総燃料噴射量（要求総トルクを得るために必要な総燃料噴射量）とに基づいて予混合燃焼用の第1噴射の燃料噴射量（第1噴射の燃料噴射量 = [総燃料噴射量 - 第2噴射の燃料噴射量]）を決定する。このとき、第1噴射の燃料噴射量が多くなり過ぎると燃焼騒音が大きくなるので、この点（燃焼騒音の増大）を考慮して第1噴射の燃料噴射量の上限を制限する。この場合、第1噴射の燃料噴射量が上限量よりも多くなるときには、その余剰燃料量分については、拡散燃焼用の第2噴射の後において噴射（アフター噴射）することで発生トルクを確保する。

50

【 0 0 3 4 】

この発明において、(b1)第1噴射による予混合燃焼と第2噴射による拡散燃焼とを分離するため(第1噴射と第2噴射との間のインターバルを拡大するため)に第1噴射の噴射時期をピストン圧縮上死点(TDC)に対して大きく進角する必要がある場合、あるいは、(b2)第1噴射による予混合燃焼の予混合燃焼度合いを高くするために第1噴射を進角させる場合において、その第1噴射の噴射時期を進角し過ぎると、未燃HC(炭化水素)が増加するので、これを抑止するために第1噴射の進角量をガード値にて制限する必要がある。その進角ガード値は、未燃HC(炭化水素)の発生量を考慮して設定する。この場合、第1噴射の噴射時期の進角量に対する進角ガード値は、機関回転数(エンジン回転数)に応じて可変に設定するようにしてもよい。

10

【 0 0 3 5 】

なお、第1噴射の噴射時期を進角ガード値に制限した場合に、この第1噴射の燃料噴射量を減量補正する必要がある場合は、その第1噴射の減量補正分(余剰燃料量分)については、第2噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。

【 0 0 3 6 】

また、第1噴射については、噴射を複数回に分割した分割噴射としてもよい。このように第1噴射を分割噴射とすると、過拡散による未燃HCを抑制することができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 7 】

本発明によれば、燃焼室内で予混合燃焼と拡散燃焼とが行われる内燃機関において、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心との間の重畳熱発生率の最小値を制限する制御、もしくは予混合燃焼用の第1噴射と拡散燃焼用の第2噴射との間のインターバルを調整する制御を行って、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離しているため、先の予混合燃焼の着火遅れの影響が後の拡散燃焼に波及しないようにすることができる。これによって過渡運転時や低セタン価燃焼使用時においてもエミッションの低減及び燃焼安定性を図ることができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 8 】

【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。

30

【図3】ECU等の制御系の構成を示すブロック図である。

【図4】燃焼形態を「分離燃焼」とする場合の熱発生率波形及びその熱発生率波形を得るための燃料噴射パターンの一例を示す図である。

【図5】第1噴射の進角ガード値の設定マップを示す図である。

【図6】燃焼形態を「分離燃焼」とする場合の熱発生率波形及びその熱発生率波形を得るための燃料噴射パターンの他の例を示す図である。

【図7】燃焼形態を「分離燃焼」とする場合の熱発生率波形及びその熱発生率波形を得るための燃料噴射パターンの別の例を示す図である。

【図8】燃焼形態が「拡散燃焼」である場合の熱発生率波形及びその熱発生率波形を得るための燃料噴射パターンの一例を示す図である。

40

【図9】燃焼形態が「合体燃焼」である場合の熱発生率波形及びその熱発生率波形を得るための燃料噴射パターンの一例を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 9 】

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。

【 0 0 4 0 】

- エンジンの構成 -

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

50

いて説明する。図1はエンジン1及びその制御システム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。

【0041】

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。

【0042】

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。

【0043】

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。

【0044】

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。

【0045】

また、上記燃料添加弁26は、後述するECU100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。

【0046】

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。

【0047】

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、NOx吸蔵触媒(NSR触媒: NOx Storage Reduction触媒)75、及び、DPNR触媒(Diesel Particulate-NOx Reduction触媒)76を備えたマニパータ(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。

【0048】

NSR触媒75は、吸蔵還元型NOx触媒であって、例えば、アルミナ(Al_2O_3)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。

【0049】

10

20

30

40

50

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。

【0050】

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。

【0051】

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収容されている。

【0052】

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（凹陷部）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。

【0053】

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）では凹陷寸法が小さく、外周側に向かうに従って凹陷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。

【0054】

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。

【0055】

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

10

20

30

40

50

記インジェクタ 2 3 が取り付けられている。このインジェクタ 2 3 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 2 2 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。

【 0 0 5 6 】

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 5 1 を介して連結されたタービンホイール 5 2 及びコンプレッサインペラ 5 3 を備えている。コンプレッサインペラ 5 3 は吸気管 6 4 の内部に臨んで配置され、タービンホイール 5 2 は排気管 7 3 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 5 2 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 5 3 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 5 2 側に可変ノズルベーン機構 5 4 が設けられており、この可変ノズルベーン機構 5 4 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。

10

【 0 0 5 7 】

吸気系 6 の吸気管 6 4 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 6 1 が設けられている。このインタークーラ 6 1 よりも更に下流側に上記スロットルバルブ 6 2 が設けられている。スロットルバルブ 6 2 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。

20

【 0 0 5 8 】

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 NOx 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。

30

【 0 0 5 9 】

- 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。

【 0 0 6 0 】

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。

40

【 0 0 6 1 】

- 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

50

101は、ROM102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。RAM103は、CPU101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RAM104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。

【0062】

以上のCPU101、ROM102、RAM103及びバックアップRAM104は、バス107を介して互いに接続されるとともに、入力インターフェース105及び出力インターフェース106と接続されている。

【0063】

入力インターフェース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、この入力インターフェース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。

10

【0064】

一方、出力インターフェース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。

20

【0065】

そして、ECU100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、ECU100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、後述する分割噴射の制御が実行されるようになっている。

【0066】

この分割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総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。

30

【0067】

- 燃料噴射圧 -

上記分割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。

40

【0068】

50

上記分割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。

【 0 0 6 9 】

例えば、上記 ECU 100 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、ECU 100 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、ECU 100 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数（エンジン回転速度）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燃料噴射量（分割噴射での燃料噴射量）を決定する。

10

【 0 0 7 0 】

- 貫徹力について -

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。

20

【 0 0 7 1 】

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）が大きくなる）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）が小さくなる）なっている。このため、この燃料の液滴の飛行距離も短い。

【 0 0 7 2 】

30

そして、インジェクタ 23 の開弁期間が比較的長く設定された場合（言い換えると、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 23 から噴射された燃料の大部分は上記キャピティ 13b 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 23 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。

【 0 0 7 3 】

一方、インジェクタ 23 の開弁期間が比較的短く設定された場合（言い換えると、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 23 から噴射された燃料の大部分は上記キャピティ 13b の中央部付近までしか飛行できない状態となる。

40

【 0 0 7 4 】

このように、インジェクタ 23 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）の飛行距離とは相関がある。このため、後述する第 1 噴射（主に予混合燃焼を行う燃料噴射）が多く設定されるほど、燃料の飛行距離は長くなり、上記キャピティ 13b 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、第 1 噴射での燃料噴射量が多く設定されるほ

50

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いように燃焼が行われ、スモークの発生量を抑制することができる。

【 0 0 7 5 】

- 分割噴射 -

次に、本実施形態で実行する分割噴射について説明する。

【 0 0 7 6 】

まず、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、燃焼行程時の燃焼騒音の低減、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。これら要求を連立するための手法として、本実施形態では、燃焼室 3 内への燃料噴射を第 1 噴射と第 2 噴射とに分割した分割噴射で行う。なお、後述するように、本実施形態では、それら第 1 噴射と第 2 噴射に加えて、第 2 噴射の後にアフター噴射（分割噴射）を行う場合もある。

10

【 0 0 7 7 】

ディーゼルエンジンの燃焼室内への燃料噴射を、第 1 噴射と第 2 噴射の 2 回に分割して噴射する場合の燃焼形態（「拡散燃焼」、「合体燃焼」）の例を図 8、図 9 に示す。

【 0 0 7 8 】

図 8 に示す燃焼形態は「拡散燃焼」の一例であって、第 1 噴射による燃焼の大部分を予混合燃焼とし、その第 1 噴射による燃焼によって予熱を行い、第 2 噴射による燃焼を拡散燃焼としている。このように燃焼全体を「拡散燃焼」とすることにより、燃焼室 3 内での燃焼を安定的に行うことができ、特に燃焼の安定化が要求される高負荷運転時において十分な出力を得ることができる。

20

【 0 0 7 9 】

図 9 に示す燃焼形態は「合体燃焼」の一例であって、第 1 噴射の燃料噴射量を多くするとともに、その第 1 噴射に近接して第 2 噴射を行うことにより、噴霧干渉冷却効果を最大限に活用した燃焼である。こうした「合体燃焼」では、第 1 噴射による燃焼の着火遅れを大きくした予混合燃焼とすることにより、スモーク発生量及び NO_x 発生量を共に抑制することができるとともに、燃費の悪化を抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

ところで、図 8 に示すような「拡散燃焼」では、安定した燃焼を得ることができ、エンジントルクを十分に確保することは可能であるが、燃焼室内での燃焼のうち拡散燃焼の割合が高くなり過ぎることで NO_x の発生量が多くなるという問題がある。

30

【 0 0 8 1 】

一方、図 9 に示すような「合体燃焼」は、燃焼期間を短縮することが可能で効率が良い上、予混合燃焼成分の増加による筒内酸素濃度の低減効果によって、スモーク発生量及び NO_x 発生量の抑制が可能である。しかし、第 1 噴射による燃料の着火遅れが、第 2 噴射による燃焼の着火遅れを誘発してしまい、燃焼全体が着火遅れとなるためロバスト性（安定性）の低い燃料となる。このため、過渡運転時の過給装置による過給遅れが原因で筒内圧力が低下したり、EGR 量の減量動作の遅れ等により筒内の酸素濃度が低下した場合、燃焼重心が大きく遅角してしまい、HC（炭化水素）が急増したり、失火が発生するおそれがある。また、低セタン価の燃料が使用された場合においても、予混合燃焼の着火遅れが大きくなるので同様な問題が発生する。

40

【 0 0 8 2 】

そこで、本実施形態では、第 1 噴射による燃焼を予混合燃焼とし、第 2 噴射による燃焼を拡散燃焼とするとともに、それら予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した燃焼（分離燃焼）とすることにより、それら予混合燃焼及び拡散燃焼のそれぞれの優位点を利用し、排気エミッションの改善及び燃焼の安定性を図る点に特徴がある。その具体的な制御例（[実施形態 1] 及び [実施形態 2]）について以下に説明する。

【 0 0 8 3 】

[実施形態 1]

この実施形態では、図 4 に示すように、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心と

50

を分離し、それら2つの燃焼重心間における熱発生率の最小値（熱発生率波形の最小ピーク） Lq を所定値（具体的には $10 [J / ^\circ CA]$ ）よりも小さくなるように制御して、これら予混合燃焼と拡散燃焼との重畳熱発生率を制限することにより、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離する点に特徴がある。

【0084】

このようにして第1噴射による予混合燃焼と第2噴射による拡散燃焼とを分離した分離燃焼とすることにより、予混合燃焼によってスモーク発生量及び NO_x 発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

10

【0085】

なお、予混合燃焼と拡散燃焼との重畳熱発生率 Lq が $10 [J / ^\circ CA]$ よりも小さくなるように燃料噴射形態（燃料噴射パターン）を制御することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しないような分離燃焼を実現することができる。

【0086】

ここで、第2噴射による拡散燃焼について説明する。まず、この実施形態では、上述の如く第1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、上記第2噴射が実行されることにより、この第2噴射で燃焼室3内に噴射された燃料は、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。

20

【0087】

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、上記したように第1噴射による予混合燃焼により燃焼室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、その結果として、着火遅れも最小限に抑えられることになる。従って、第2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いことになり、大部分が拡散燃焼となる。そして、この第2噴射の噴射時期や噴射量を調整することで、拡散燃焼での着火時期、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。

30

【0088】

また、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期をTDC（ピストン13の圧縮上死点）に対して遅角して拡散燃焼を遅角（拡散燃焼の燃焼重心を遅角）することにより、 NO_x 発生量を抑制することができる。ただし、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期を遅角するほど、燃焼空間が拡大して酸素濃度が低下するのでスモークが発生する傾向となる。これを抑制するためには拡散燃焼用噴射の燃料噴射量を少なくする必要がある。そこで、この実施形態においては、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期の遅角（拡散燃焼の遅角）に応じて、その第2噴射の燃料噴射量を調整することでスモークの発生を抑止する。その具体的な手法については後述する。

40

【0089】

- 具体的な制御手順 -

次に、上述の如く分割噴射の燃料噴射パターン（予混合用の第1噴射の噴射時期・燃料噴射量、及び、拡散燃焼用の第2噴射の噴射時期・燃料噴射量）を調整してインジェクタ23からの燃料噴射を実行する場合の具体的な制御手順について、図4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。

【0090】

[S11] 上述したように、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温、吸入空気温

50

度等の運転状態や環境条件などに応じて分割噴射の総燃料噴射量（要求総トルクを得るために必要な総燃料噴射量）を公知のマップ等を参照して求める。

【 0 0 9 1 】

【 S 1 2 】エンジン 1 に対して要求されている要求 NO_x 量 [g / h] に基づいてマップを参照して、TDC（ピストン 1 3 の圧縮上死点）に対する第 2 噴射の噴射時期（噴射開始時期）の遅角値（TDC に対する遅角値）を決定する。この遅角値マップは、要求 NO_x 量をパラメータとして、拡散燃焼用の第 2 噴射の噴射時期の遅角値を設定するものであって、予め実験・シミュレーション等により作成されており、例えば ECU 1 0 0 の ROM 1 0 2 に格納されている。この遅角値マップにおいて、要求 NO_x 量が小さいほど、第 2 噴射の噴射時期（噴射開始時期）の遅角値が大きくなるように設定されている。ただし、拡散燃焼用の第 2 噴射による拡散燃焼の遅角が大き過ぎると失火が発生するので、これを抑止するために第 2 噴射の遅角側の上限は制限されている。

10

【 0 0 9 2 】

なお、このように失火を抑止する場合、第 2 噴射による拡散燃焼の燃焼重心が例えば BTDC（ピストン 1 3 の上死点后） 20°CA （クランク角度）となるような噴射時期を遅角ガード値として第 2 噴射の遅角を制限すればよい。また、燃焼効率を優先する場合、第 2 噴射による燃料の燃焼重心が例えば BTDC 15°CA となるような噴射時期を遅角ガード値として第 2 噴射の遅角を制限すればよい。

【 0 0 9 3 】

【 S 1 3 】上記【 S 1 2 】の処理で決定した第 2 噴射の噴射時期の遅角値に基づいて、その遅角値での燃料噴射による拡散噴射で燃焼可能な燃料量（遅角拡散燃焼でスモークが発生しない上限燃料量）をマップから求め、その上限燃料量を第 2 噴射の燃料噴射量とする。さらに、上記第 2 噴射の燃料噴射量及びインジェクタ 2 3 の噴射特性（単位時間当たりの噴射量等）に基づいて、図 4 に示す第 2 噴射の噴射期間（噴射開始時期～噴射終了時期）を決定する。

20

【 0 0 9 4 】

この処理に用いる上限燃料量マップは、第 2 噴射の噴射時期の遅角値をパラメータとして、拡散燃焼でスモークが発生しない燃料量の上限値（遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量）を予め実験・シミュレーション等によって取得しておき、その結果を基に適合した値（上限燃料量）をマップ化したものであって、例えば ECU 1 0 0 の ROM 1 0 2 に格納されている。この上限燃料量マップにおいて、第 2 噴射の噴射時期の遅角値が大きいくほど、拡散燃焼での上限燃料量が小さくなるように設定されている。

30

【 0 0 9 5 】

【 S 1 4 】上記【 S 1 1 】の処理で求めた総燃料噴射量、及び、上記【 S 1 3 】の処理で決定した第 2 噴射の燃料噴射量を用いて、第 1 噴射の燃料噴射量（第 1 噴射の燃料噴射量 = [総燃料噴射量 - 第 2 噴射の燃料噴射量] ）を算出する。

【 0 0 9 6 】

このとき、算出した第 1 噴射の燃料噴射量が上限量よりも多いか否かを判断し、第 1 噴射の燃料噴射量が上限量以下であれば、上記処理で算出したままの値を第 1 噴射の燃料噴射量とする。一方、算出した第 1 噴射の燃料噴射量が上限量よりも多い場合、その上限量をオーバーする量（余剰燃料量）については、例えば図 7 に示すように、第 2 噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。なお、第 1 噴射の燃料噴射量の上限量については、この第 1 噴射の燃料噴射量に応じて発生する燃焼騒音の限界値（許容値）を考慮して適合した値（上限量）とする。

40

【 0 0 9 7 】

【 S 1 5 】上記【 S 1 1 】～【 S 1 4 】の処理で取得した第 2 噴射の噴射時期（噴射開始時期の遅角値）・燃料噴射量、及び、第 1 噴射の燃料噴射量に基づいて、例えば図 4 に示すように、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、これら 2 つの燃焼重心間における熱発生率の最小値 L_q が $10 [\text{J} / ^\circ \text{CA}]$ よりも小さくなるように第 1 噴射の噴射時期（噴射開始時期）を決定する。

50

【 0 0 9 8 】

具体的には、上記した [S 1 1] ~ [S 1 4] の各処理で取得した第 2 噴射の噴射時期（噴射開始時期の遅角値）・燃料噴射量、及び、第 1 噴射の燃料噴射量に基づいて、下記のマップを参照して第 1 噴射の噴射開始時期を算出する。さらに、上記第 1 噴射の燃料噴射量及びインジェクタ 2 3 の噴射特性（単位時間当たりの噴射量等）に基づいて、図 4 に示す第 1 噴射の噴射期間（噴射開始時期～噴射終了時期）を決定する。

【 0 0 9 9 】

このとき、第 1 噴射の噴射開始時期（算出値）が下記の進角ガード値よりも遅角側であるか、進角側であるのかを判断し、第 1 噴射の噴射開始時期が進角ガード値よりも遅角側であれば、上記した処理で算出した第 1 噴射の噴射開始時期及び噴射終了時期をそのまま用いて、図 4 に示すような燃料噴射パターンを決定する。なお、第 1 噴射の噴射時期（算出値）が進角ガード値よりも遅角側である場合、この第 1 噴射による予混合燃焼の予混合度合いを高くするために、第 1 噴射の噴射時期を進角ガード値まで進角するようにしてもよい。

10

【 0 1 0 0 】

一方、第 1 噴射の噴射開始時期（算出値）が進角ガード値よりも進角側である場合は、その進角ガード値に第 1 噴射の噴射時期を制限する。このとき、第 1 噴射の燃料噴射量を減量補正する必要がある場合、その第 1 噴射の減量補正分（余剰燃料量分）については、例えば図 7 に示すように、第 2 噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。

20

【 0 1 0 1 】

そして、以上のようにして決定した燃料噴射パターン（図 4 または図 7 参照）に基づいてインジェクタ 2 3 からの燃料噴射を実行することにより、図 4 または図 7 に示すような熱発生率波形の燃焼つまり予混合燃焼と拡散燃焼とが分離された分離燃焼を実現することができる。

【 0 1 0 2 】

（第 1 噴射の噴射時期設定マップ）

上記 [S 1 5] の処理に用いる噴射開始時期設定マップは、第 2 噴射の噴射開始時期・燃料噴射量、及び、第 1 噴射の燃料噴射量をパラメータとして、図 4 に示す予混合燃焼と拡散燃焼との燃焼重心間における熱発生率の最小値 Lq が $10 [J / ^\circ C A]$ よりも小さくなるような第 1 噴射の噴射開始時期を、予め実験・シミュレーション等によって取得しておき、その結果を基に適合した値（第 1 噴射の噴射開始時期）をマップ化したものであって、例えば ECU 100 の ROM 102 に格納されている。

30

【 0 1 0 3 】

なお、図 4 に示す熱発生率波形において、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが離れ過ぎると、第 1 噴射による予混合燃焼により燃焼室内が十分に予熱なされない傾向となり、第 2 噴射による拡散燃焼の着火遅れが懸念されるので、この点を考慮して、拡散燃焼の着火時期が適切な時期となるように、上記第 1 噴射の噴射開始時期を求めるマップは作成されている。

【 0 1 0 4 】

（進角ガード値）

第 1 噴射の進角ガード値については、クランクポジションセンサ 40 の検出値から算出されるエンジン回転数に基づいて図 5 に示すマップを参照して求める。図 5 のマップは、エンジン回転数をパラメータとして、予め実験・シミュレーション等によって進角ガード値を経験的に適合した値をマップ化したものであって、例えば ECU 100 の ROM 102 内に格納されている。

40

【 0 1 0 5 】

以上説明したように、この実施形態によれば、燃焼室内で予混合燃焼と拡散燃焼とが行われるエンジン 1 において、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが分離され、かつ、それら 2 つの燃焼重心間における熱発生率の最小値が所定値よりも小さい燃焼形態

50

となるように燃料噴射パターンを調整しているので、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した分離燃焼とすることができる。これにより、予混合燃焼及び拡散燃焼のそれぞれの優位点を利用することが可能となって、排気エミッションの改善及び燃焼の安定性を図ることができる。すなわち、上述した如く予混合燃焼によってスモーク発生量及びNOx発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

【0106】

10

さらに、この実施形態においては、要求NOx量に応じて第2噴射の噴射時期を遅角（拡散燃焼を遅角）するとともに、その第2噴射の燃料噴射量を、遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量に制限しているため、スモークの発生を抑制しながら、NOx量を要求通りの値に規制することができる。

【0107】

なお、この実施形態において、第1噴射については、噴射を複数回に分割した分割噴射としてもよい。このように第1噴射を分割噴射とすると、過拡散による未燃HCを抑制することができる。

【0108】

[実施形態2]

20

この実施形態では、図6に示すように、予混合燃焼用の第1噴射の噴射終了時期と、拡散燃焼用の第2噴射の噴射開始時期との間のインターバルTが、第1噴射の噴射期間（噴射開始～噴射終了）と、当該第1噴射による燃焼の着火遅れ期間との合計期間以上となるように燃料噴射パターン（燃料噴射形態）を調整することで、第1噴射による予混合燃焼と第2噴射による燃焼との燃焼関係を疎にしている（第1噴射による燃焼が第2噴射による燃焼に影響しないようにしている）。

【0109】

このような燃料噴射パターンとすることにより、第1噴射による予混合燃焼の着火遅れの影響が第2噴射による拡散燃焼に波及しないようにすることができる。すなわち、ディーゼルエンジンにおいて燃焼室内への燃料の噴射期間は、その燃料噴射で発生する「燃焼」の燃焼期間に比例するので、第1噴射の噴射期間（燃焼期間）に、この第1噴射での燃焼の着火遅れ期間を加えた分のインターバルTを、第1噴射の噴射終了時期と第2噴射の噴射開始時期との間にあけておくことで、第1噴射による燃焼の着火遅れが大きくなっても、その第1噴射の着火遅れが第2噴射による燃焼（拡散燃焼）に影響しないようにすることができる。

30

【0110】

そして、このようにして、第1噴射による予混合燃焼と第2噴射による拡散燃焼とに分離した分離燃焼とすることにより、予混合燃焼によってスモーク発生量及びNOx発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

40

【0111】

なお、この実施形態においても、第2噴射による拡散燃焼の特性（着火時期、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、及び、拡散燃焼の遅角など）については、上記[実施形態1]で説明したことと同じことが言えるので、その詳細な説明は省略する。

【0112】

- 具体的な制御手順 -

50

上述の如く分割噴射の燃料噴射パターン（第1噴射と第2噴射との間のインターバルT）を調整してインジェクタ23からの燃料噴射を実行する場合の具体的な制御手順について図6を参照して説明する。なお、以下に説明する処理はECU100において実行することが可能である。

【0113】

【S21】上述したように、エンジン回転数、アクセル操作量、冷却水温、吸入空気温度等の運転状態や環境条件などに応じて分割噴射の総燃料噴射量（要求総トルクを得るために必要な総燃料噴射量）を公知のマップ等を参照して求める。

【0114】

【S22】エンジン1に対して要求されている要求NOx量[g/h]に基づいて、上述した【実施形態1】の【S12】と同じ処理により、図6に示す第2噴射の噴射時期の遅角値（噴射開始時期の遅角値）を決定する。

10

【0115】

【S23】上記【S22】の処理で決定した第2噴射の噴射時期の遅角値に基づいて、上述した【実施形態1】の【S13】と同じ処理により、上記遅角値での燃料噴射による拡散噴射で燃焼可能な燃料量（遅角拡散燃焼でスモークが発生しない上限燃料量）を求め、その上限燃料量を第2噴射の燃料噴射量とする。さらに、その第2噴射の燃料噴射量及びインジェクタ23の噴射特性（単位時間当たりの噴射量等）に基づいて、図6に示す第2噴射の噴射期間（噴射開始時期～噴射終了時期）を決定する。

【0116】

20

【S24】上記【S21】の処理で求めた総燃料噴射量、及び、上記【S23】の処理で求めた第2噴射の燃料噴射量を用いて、第1噴射の燃料噴射量（第1噴射の燃料噴射量 = [総燃料噴射量 - 第2噴射の燃料噴射量]）を算出する。

【0117】

このとき、算出した第1噴射の燃料噴射量が上限量よりも多いか否かを判断し、第1噴射の燃料噴射量が上限量以下であれば、上記処理で算出したままの値を第1噴射の燃料噴射量とする。一方、算出した第1噴射の燃料噴射量が上限量よりも多い場合、その上限量をオーバーする量（余剰燃料量）については、例えば図7に示すように、第2噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。なお、第1噴射の燃料噴射量の上限量については、この第1噴射の燃料噴射量に応じて発生する燃焼騒音の限界値（許容値）を考慮して適合した値（上限量）とする。

30

【0118】

【S25】上記【S24】で取得した第1噴射の燃料噴射量及びインジェクタ23の噴射特性（単位時間当たりの噴射量等）に基づいて図6に示す第1噴射の噴射期間（噴射開始時期～噴射終了時期）を求める。さらに、図6に示すような第1噴射の着火遅れ期間をマップから求める。そして、これら第1噴射の噴射期間と着火遅れ期間とを加えて、第1噴射時期の噴射終了時期から第2噴射の噴射開始時期までのインターバルT（ $T = [第1噴射の噴射期間 + 着火遅れ期間]$ ）を決定する。

【0119】

なお、第1噴射の着火遅れ期間を求めるマップは、例えば、着火前の筒内ガス状態（例えば温度、圧力、酸素濃度）及び第1噴射の燃料噴射量などをパラメータとして、第1噴射の着火遅れ期間を実験・シミュレーション等によって適合した値をマップ化したものであって、例えばECU100のROM102に格納されている。

40

【0120】

ここで、第1噴射と第2噴射との間のインターバルTは、[第1噴射の噴射期間 + 着火遅れ期間]よりも長く設定してもよいが、図6に示すような熱発生率波形において、第1噴射と第2噴射との間のインターバルTが長すぎて、予混合燃焼の燃焼重心と拡散燃焼の燃焼重心とが離れ過ぎてしまうと、第1噴射による予混合燃焼により燃焼室内が十分に予熱なされない傾向となり、第2噴射による拡散燃焼の着火遅れが懸念されるので、この点を考慮して、拡散燃焼の着火時期が適切な時期となるように、上記第1噴射と第2噴射と

50

の間のインターバルTの上限値を制限しておく。

【0121】

(S26) 上記[S25]の処理で求めた第1噴射の噴射期間及びインターバルTに基づいて、この第1噴射の噴射開始時期及び噴射終了時期(図6参照)を求める。

【0122】

このとき、第1噴射の噴射開始時期(算出値)が上記した進角ガード値(図5参照)よりも遅角側であるか、進角側であるのかを判断し、第1噴射の噴射開始時期が進角ガード値よりも遅角側であれば、上記した処理で算出した第1噴射の噴射開始時期及び噴射終了時期をそのまま用いて、図6に示すような燃料噴射パターンを決定する。なお、第1噴射の噴射時期(算出値)が上記進角ガード値よりも遅角側である場合、この第1噴射による予混合燃焼の予混合度合いを高くするために、第1噴射の噴射時期を進角ガード値まで進角するようにしてもよい。

10

【0123】

一方、第1噴射の噴射開始時期(算出値)が上記進角ガード値よりも進角側である場合は、その進角ガード値に第1噴射の噴射時期を制限する。このとき、第1噴射の燃料噴射量を減量補正する必要がある場合、その第1噴射の減量補正分(余剰燃料量分)については、例えば図7に示すように、第2噴射の後のアフター噴射で噴射することにより発生トルクを確保する。

【0124】

そして、以上のようにして決定した燃料噴射パターン(図6または図7参照)に基づいてインジェクタ23からの燃料噴射を実行することにより、図6または図7に示すような熱発生率波形の燃焼つまり予混合燃焼と拡散燃焼とが分離された分離燃焼を実現することができる。

20

【0125】

以上説明したように、この実施形態によれば、燃焼室内で予混合燃焼と拡散燃焼とが行われるエンジン1において、第1噴射と第2噴射との間のインターバルTを、第1噴射の噴射期間と当該第1噴射による燃焼の着火遅れ期間との合計期間となるように燃料噴射パターンを制御しているので、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離した分離燃焼とすることができる。これにより、予混合燃焼及び拡散燃焼のそれぞれの優位点を利用することが可能となって、排気エミッションの改善及び燃焼の安定性を図ることができる。すなわち、上述した如く予混合燃焼によってスモーク発生量及びNOx発生量の両方を抑制しながら、この予混合燃焼に対して分離した拡散燃焼によって燃焼の安定性を確保することができる。しかも、予混合燃焼と拡散燃焼とを分離することにより、先の予混合燃焼の着火遅れが後の拡散燃焼に影響しなくなるので、内燃機関の過渡運転時や低セタン価燃料の使用時等において予混合燃焼の着火遅れが大きくなっても、燃焼の安定性を確保することができる。

30

【0126】

さらに、この実施形態においては、要求NOx量に応じて第2噴射の噴射時期を遅角(拡散燃焼を遅角)するとともに、その第2噴射の燃料噴射量を、遅角拡散燃焼で燃焼可能な燃料量に制限しているため、スモークの発生を抑制しながら、NOx量を要求通りの値に規制することができる。

40

【0127】

なお、この実施形態においても、第1噴射については、噴射を複数回に分割した分割噴射としてもよい。このように第1噴射を分割噴射とすると、過拡散による未燃HCを抑制することができる。

【0128】

- 他の実施形態 -

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。

50

【 0 1 2 9 】

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 2 3 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。

【 0 1 3 0 】

以上の例では、マニパータ 7 7 として、NSR 触媒 7 5 及びDPNR 触媒 7 6 を備えたものとしたが、NSR 触媒 7 5 及びDPF (Diesel Particulate Filter) を備えたものとしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 3 1 】

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、排気エミッションの改善及び燃焼の安定性を図る燃焼制御に利用可能である。

【符号の説明】

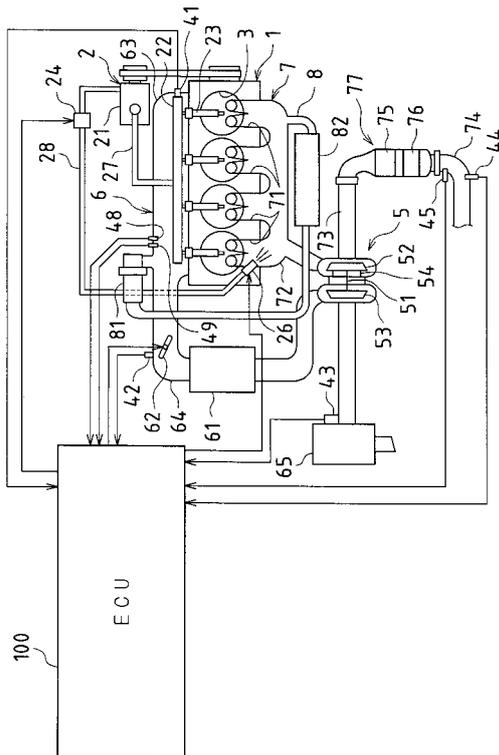
【 0 1 3 2 】

- 1 エンジン (内燃機関)
- 3 燃焼室
- 2 3 インジェクタ (燃料噴射弁)
- 4 0 クランクポジションセンサ
- 4 7 アクセル開度センサ
- 1 0 0 ECU

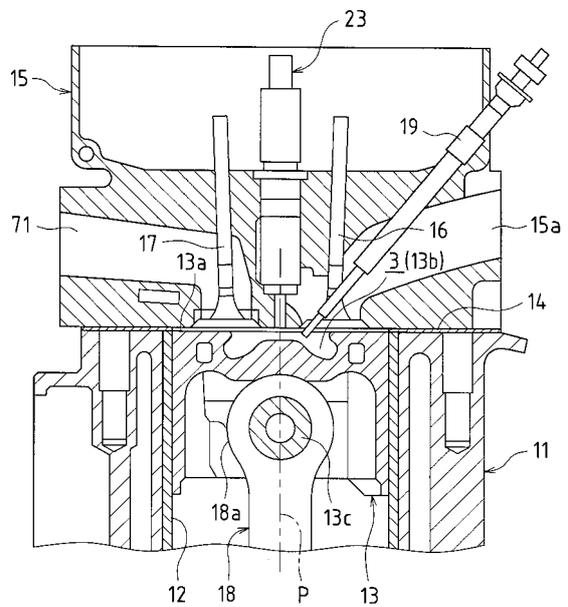
10

20

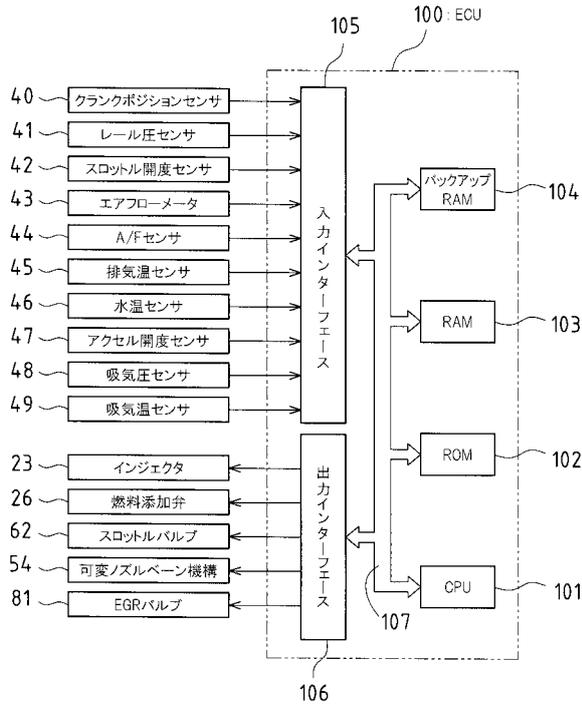
【 図 1 】



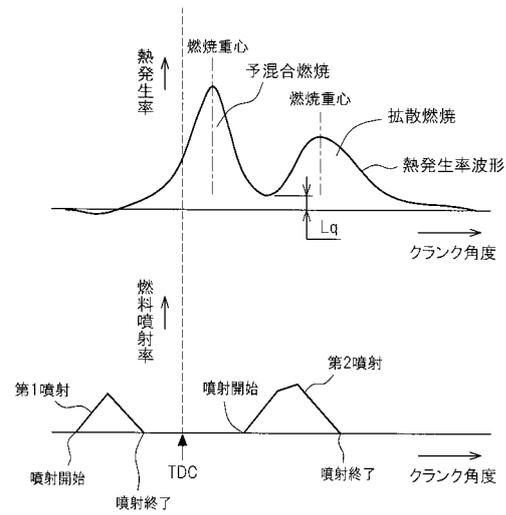
【 図 2 】



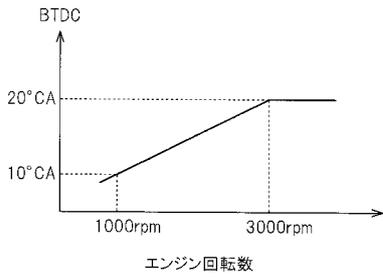
【図3】



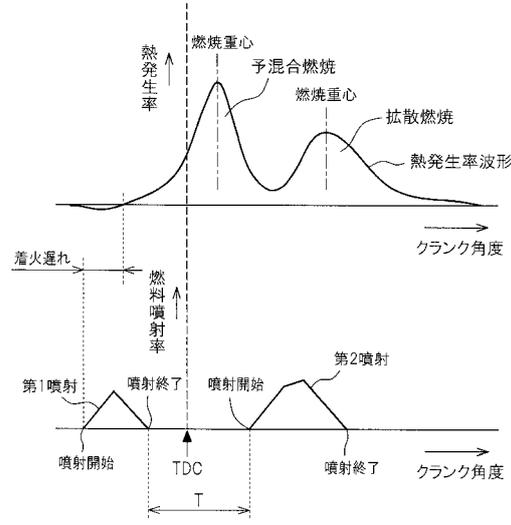
【図4】



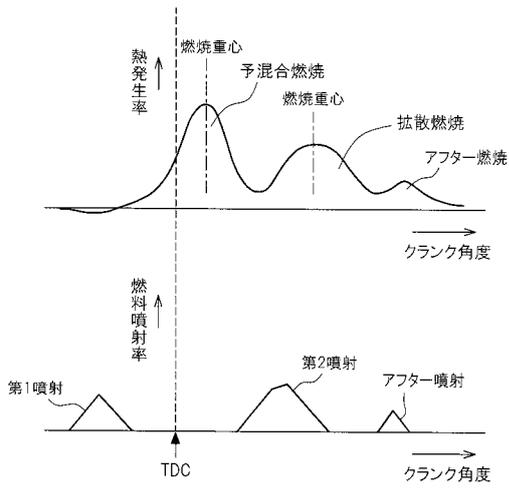
【図5】



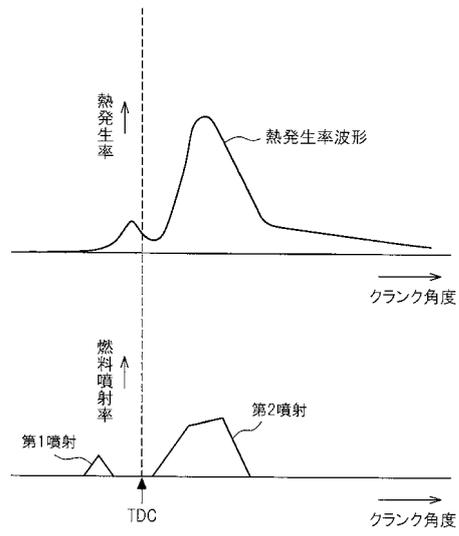
【図6】



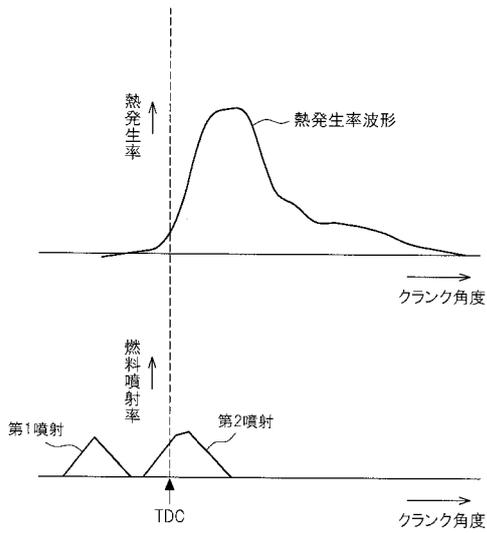
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭62-079934(JP,U)
特開2008-274927(JP,A)
特開2009-275654(JP,A)
特開2009-264332(JP,A)
特開2001-342877(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D	41/00	41/40
F02D	43/00	45/00
F02B	1/00	23/10