

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-315250  
(P2005-315250A)

(43) 公開日 平成17年11月10日(2005.11.10)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F02C 7/264  
F02C 5/00

F 1

F02C 7/264  
F02C 5/00

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-70863 (P2005-70863)  
(22) 出願日 平成17年3月14日 (2005.3.14)  
(31) 優先権主張番号 特願2004-94211 (P2004-94211)  
(32) 優先日 平成16年3月29日 (2004.3.29)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000000099  
石川島播磨重工業株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目2番1号  
(71) 出願人 504182255  
国立大学法人横浜国立大学  
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号  
(74) 代理人 100097515  
弁理士 堀田 実  
(72) 発明者 村山 元英  
東京都千代田区大手町二丁目2番1号 石川島播磨重工業株式会社内  
(72) 発明者 中村 良也  
東京都千代田区大手町二丁目2番1号 石川島播磨重工業株式会社内

最終頁に続く

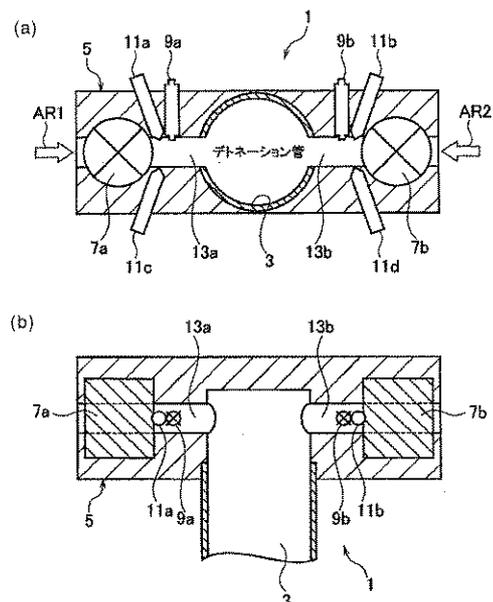
(54) 【発明の名称】 パルスデトネーションエンジン着火方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 デトネーション遷移が一般に困難な気体燃料及び液体燃料を燃料として用いることができるパルスデトネーションエンジン着火方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 デトネーション管3内と連通しその管内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を供給する互に対向する吸気ポート13a, 13bと、吸気ポート内に酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部7a, 7bと、吸気ポート内に燃料噴射を行う燃料噴射部11a~11dと、吸気ポート内の予混合気に同時に点火する点火栓9a, 9bとを備え、デトネーション管3内と対向する吸気ポート13a, 13b内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射して、デトネーション管内で衝突させ、或いは燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

デトネーション管の管内に、燃料と酸化ガスを供給して点火しデトネーションを間欠的に発生させるパルスデトネーションエンジン着火方法において、

デトネーション管内とその管内に連通しかつ互に対向する吸気ポート内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射する、ことを特徴とするパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 2】**

前記デトネーション管の管内で前記燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。 10

**【請求項 3】**

前記吸気ポートの出口に絞り部を設け、該絞り部により燃焼ガス噴流を絞ってその噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 4】**

デトネーション管の軸方向に互に対向する吸気ポートを複数組設け、該複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 5】**

前記吸気ポートの出口に複数の細管を設け、該複数の細管により噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。 20

**【請求項 6】**

互に対向する吸気ポートを経路を分岐して形成し、該分岐前の吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記分岐前の吸気ポート内で点火を行い、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 7】**

デトネーション管の外周に互に対向する吸気ポートを複数組設け、該対向する吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。 30

**【請求項 8】**

対向する吸気ポート内に乱流促進体を挿入し、該乱流促進体により吸気ポート内での火炎伝播を加速し、これによりデトネーション管内に対向噴射する燃焼ガス噴流を強化し、デトネーション遷移性を高める、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 9】**

対向する吸気ポートを互にオフセットし、前記デトネーション管の管内に前記燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。 40

**【請求項 10】**

対向する吸気ポートをデトネーション管の軸方向に向けて互にオフセットし、前記デトネーション管の管内に前記燃焼ガス噴流のスパイラル状の旋回火炎を形成する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火方法。

**【請求項 11】**

デトネーション管の管内に、燃料と酸化ガスを供給して点火しデトネーションを間欠的に発生させるパルスデトネーションエンジン着火装置において、

デトネーション管内と連通しその管内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を供給する互 50

に対向する吸気ポートと、該吸気ポート内に酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部と、吸気ポート内に燃料噴射を行う燃料噴射部と、吸気ポート内の予混合気に同時に点火する点火栓とを備え、

デトネーション管内と対向する吸気ポート内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射する、ことを特徴とするパルスデトネーションエンジン着火装置。

【請求項 1 2】

さらに、前記吸気ポートの出口に噴流の絞りをを行う絞り部が設けられ、

該絞り部により燃焼ガス噴流を絞ってその噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

10

【請求項 1 3】

前記互に対向する吸気ポートを、デトネーション管の軸方向に複数組設け、該複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

【請求項 1 4】

前記吸気ポートの出口に複数の細管が設けられ、

該複数の細管により噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置

20

【請求項 1 5】

互に対向する吸気ポートを経路を分岐して形成し、該分岐前の吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記分岐前の吸気ポート内で点火を行い、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

【請求項 1 6】

デトネーション管の外周に互に対向する吸気ポートを複数組設け、該対向する吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

30

【請求項 1 7】

対向する吸気ポート内に挿入された乱流促進体を有し、該乱流促進体により吸気ポート内での火炎伝播を加速し、これによりデトネーション管内に対向噴射する燃焼ガス噴流を強化し、デトネーション遷移性を高める、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

【請求項 1 8】

対向する吸気ポートは、デトネーション管の直径方向に互にオフセットされており、これによりデトネーション管の管内に燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成する、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

【請求項 1 9】

対向する吸気ポートは、デトネーション管の軸方向に向き、かつ直径方向に互にオフセットされており、これによりデトネーション管の管内に燃焼ガス噴流のスパイラル状の旋回火炎を形成する、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

40

【請求項 2 0】

対向する吸気ポートにそれぞれ複数の絞り部を備え、該複数の絞り部の一部は対向する吸気ポートの絞り部とデトネーション管内に対向して位置し、その他の絞り部は、デトネーション管の直径方向に互にオフセットされており、これにより、対向噴射した燃焼ガス噴流の一部をデトネーション管内で衝突させ、同時に残りの燃焼ガス噴流で旋回火炎を形成する、ことを特徴とする請求項 1 1 に記載のパルスデトネーションエンジン着火装置。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、パルスデトネーションエンジン着火方法及びその装置に関し、さらに詳細には、デトネーション遷移が一般に困難な気体燃料及び液体燃料を燃料として用いるパルスデトネーションエンジン着火方法及びその装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

デトネーションとは、通常の燃焼であるデフラグレーションに対する語であり、通常の燃焼の数十倍から数千倍の速度で爆発的に燃焼し、燃焼時に生じる衝撃波と燃焼波が合体して超音速で伝播する燃焼波を意味する。以下、この超音速燃焼波を「デトネーション波」と呼ぶ。

また、パルスデトネーションエンジン(Pulse Detonation Engine: 以下、「PDE」という)は、燃焼器内でデトネーションをパルス状に間欠的に発生させ、燃焼ガスが発生する熱と運動エネルギーの両方を高い熱効率で利用するエンジンである。

## 【0003】

図13は、パルスデトネーションエンジンの作動説明図であり、(1)~(8)は、パルスデトネーションの1サイクルを順に示している。この図において、aは、一端が閉じた中空円筒形のデトネーション管であり、内部でデトネーションが発生し、開口端から高速排気流を噴出するようになっている。

## 【0004】

図13の(1)において、一定の圧力P1(例えば常圧)で充填された燃料・酸化剤混合ガスbに点火すると、内部で高圧P3と共にデトネーション波cが発生し(2)、デトネーション波は、希薄波dと共に開口端に向けて高速伝播し、高速排気流eを噴出する。

次いで、希薄波後面が開口端まで伝播し(3)、希薄波後面が上流側に伝播し(4)、内部が希薄波となり(5)、内部ガスが排気され(6)、P1より低い低圧となる(7)

。次いで、燃料・酸化剤混合ガスが一定の圧力P1(例えば常圧)で再充填され(8)、(1)に戻る。

## 【0005】

上述したデトネーション管aは、例えば直径30~100mm、長さ1m前後であり、10~100Hzで作動し、800~1000m/sの高速排気流を噴出することが実験的に確認されている。なお、必要に応じてデトネーション管1に空気及び燃料を供給する配管やバルブ等を備える。

## 【0006】

図14(b)はデトネーション管の模式図である。この図に示すようにデトネーション管の閉端側に溜められた燃料・酸化剤混合ガスに着火すると燃料は開口端へ向け燃焼しデトネーションに発展する。

図14(a)は、デトネーションに発展した後の管内のある瞬間の各状態を示している。例えば、デトネーション管の内部の長手方向の長さを1メートルとした場合、0.8メートル付近SWでデトネーションの衝撃波等による圧力は突出している(これを「ノイマンスパイク」という)。一方、デトネーション管の0.8メートル付近~開口端である1メートル付近Aは初期状態を保っている。また、閉端部~0.4メートル付近の管内膨張後の状態Bでは管内の圧力、温度等は一定の値になる。

図14(c)は、上述の各状態でのデトネーション管の圧力、体積、温度等の変化を示している。

すなわち、デトネーション波が超音速で伝ばする性質、通常の燃焼に比べて非常に高い圧力と温度を発生できるといった現象が生まれる。熱サイクルはブレイトンサイクルと異なり燃焼がほぼ定容のもとで行われるサイクルとなる。

## 【 0 0 0 7 】

上述のようなパルスデトネーションエンジンの吸気方式として、混合を促進するために空気 / 燃料の対向噴流を利用するものがある（例えば、非特許文献 1）。

また、着火には一般にスパークプラグが用いられるが、デトネーションし難い燃料に対してはイニシエータ（例えば、水素 / 酸素などのデトネーション波により着火するもの）が用いられる（例えば、非特許文献 2）。

## 【 0 0 0 8 】

【非特許文献 1】第 4 1 回 燃焼シンポジウム（2003 / 12 / 3 ~ 12 / 5 つくば）, E 2 3 4 パルスデトネーションエンジンにおける火炎ジェット噴射システムの最適化

【非特許文献 2】第 4 1 回 燃焼シンポジウム（2003 / 12 / 3 ~ 12 / 5 つくば）, E 2 3 1 液体燃料 P D E における連続作動時のデトネーション

## 【 発 明 の 開 示 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 0 9 】

上述したパルスデトネーションエンジン（P D E）は、高効率かつシンプルなエンジンとして注目され、その応用範囲の拡大のため、液体燃料 空気を対象とすることが求められている。

しかし、従来のパルスデトネーションエンジンでは、炭化水素系燃料の中で最もデトネーションへの遷移（「デトネーション遷移」と呼ぶ）が容易なものの 1 つであるアセチレンが主に用いられていた。

また、デトネーション遷移が困難なメタン、改質ガスや、アセチレンを有機溶媒（例えばアセトン）に溶解させたアセチレン溶解燃料をパルスデトネーションエンジンの燃料として用いる場合には、上述のように、現状ではイニシエータを用いる他ないと考えられていた。

しかし、イニシエータを用いる場合、装置が複雑になるのに加え、主燃料の他に水素、酸素などの補助燃料を使用する必要がある。このため経済性も大きく損なわれるという問題があった。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、上述した要望を満たし問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的はデトネーション遷移が一般に困難な気体燃料及び液体燃料を燃料として用いることができるパルスデトネーションエンジン着火方法及びその装置を提供することにある。

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 1 1 】

本発明によれば、デトネーション管の管内に、燃料と酸化ガスを供給して点火しデトネーションを間欠的に発生させるパルスデトネーションエンジン着火方法において、

デトネーション管内とその管内に連通しかつ互に対向する吸気ポート内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射する、ことを特徴とするパルスデトネーションエンジン着火方法が提供される。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明によれば、デトネーション管の管内に、燃料と酸化ガスを供給して点火しデトネーションを間欠的に発生させるパルスデトネーションエンジン着火装置において、

デトネーション管内と連通しその管内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を供給する互に対向する吸気ポートと、該吸気ポート内に酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部と、吸気ポート内に燃料噴射を行う燃料噴射部と、吸気ポート内の予混合気に同時に点火する点火栓とを備え、

デトネーション管内と対向する吸気ポート内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射する、ことを特徴とするパルスデトネーションエンジン着火装置が提供される

。

【0013】

本発明の好ましい実施形態によれば、さらに、前記吸気ポートの出口に噴流の絞りをを行う絞り部が設けられ、該絞り部により燃焼ガス噴流を絞ってその噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。

【0014】

また、前記互に対向する吸気ポートを、デトネーション管の軸方向に複数組設け、該複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。

【0015】

また、前記吸気ポートの出口に複数の細管が設けられ、該複数の細管により噴流効果を高め、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。

【0016】

また、互に対向する吸気ポートを経路を分岐して形成し、該分岐前の吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記分岐前の吸気ポート内で点火を行い、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。

【0017】

また、デトネーション管の外周に互に対向する吸気ポートを複数組設け、該対向する吸気ポート内で燃料噴射を行い、デトネーション管の管内に燃料を導き、前記複数組の吸気ポート内で同時に点火し、デトネーション管の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。

【0018】

また、対向する吸気ポート内に挿入された乱流促進体を有し、該乱流促進体により吸気ポート内での火炎伝播を加速し、これによりデトネーション管内に対向噴射する燃焼ガス噴流を強化し、デトネーション遷移性を高める。

【0019】

また、対向する吸気ポートは、デトネーション管の直径方向に互にオフセットされており、これによりデトネーション管の管内に燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成する。

また、対向する吸気ポートは、デトネーション管の軸方向に向き、かつ直径方向に互にオフセットされており、これによりデトネーション管の管内に燃焼ガス噴流のスパイラル状の旋回火炎を形成する。

【0020】

また、対向する吸気ポートにそれぞれ複数の絞り部を備え、該複数の絞り部の一部は対向する吸気ポートの絞り部とデトネーション管内に対向して位置し、その他の絞り部は、デトネーション管の直径方向に互にオフセットされており、これにより、対向噴射した燃焼ガス噴流の一部をデトネーション管内で衝突させ、同時に残りの燃焼ガス噴流で旋回火炎を形成する。

【発明の効果】

【0021】

上述した本発明の構成によれば、デトネーション管内と対向する吸気ポート内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管内に対向噴射するので、対向噴射した燃焼ガス噴流をデトネーション管内で衝突させ、或いは燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成することにより、着火源となる高温活性ガスを分散させ急激な燃焼を行わせることによりデトネーション遷移を容易とすることができる。

【0022】

対向噴流による衝突流れ場や旋回火炎は、非常に強い乱流を生成できる流れ場であり、この強い乱流により、高温ラジカル（活性種）を含む燃焼ガスを様々なサイズのガス塊に分離し、デトネーション管内に分散させ、デトネーション管内に充填した予混合気との急速乱流混合が行なわれる。

これにより、通常の火炎伝播と比較して単位時間当たりの発熱量が著しく増大し、燃焼

10

20

30

40

50

ガス塊が分散した空間において、同時に燃焼が進行するため、各燃焼波面また発生する圧力波を数多く重畳させることができ、重畳した圧力波が極短時間で衝撃波に発達してデトネーション遷移させることができる。

すなわち、デトネーション遷移し難い燃料においては、強力な圧力波を生み出すために、単位体積、単位時間当たりの発熱量を増大させる手段が必要であり、本発明の手段はそのために最も適した手段である。

#### 【 0 0 2 3 】

また、本発明では、デトネーション管内の着火前の予混合気も噴流衝突や旋回火炎により十分に混合することができ、ムラのない均一な作動が可能となる。

そして、メタン、改質ガスやアセチレン溶解燃料などの、直接デトネーション困難な燃料でも、イニシエータ等を用いずにパルスデトネーション作動させることができ、パルスデトネーションエンジンの利用範囲が広がるという効果がある。

#### 【 発明を実施するための最良の形態 】

#### 【 0 0 2 4 】

以下、本発明の好ましい実施形態を図面を参照して説明する。なお各図において、共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明は省略する。

#### 【 0 0 2 5 】

図 1 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 1 実施形態図である。この図において、図 1 ( a ) はデトネーション管 3 が環状に見える方向の断面図であり、図 1 ( b ) は、デトネーション管を長手方向から見た断面図である。

この例は、パルスデトネーションエンジン着火方式の基本型であり、吸気ポート内で燃料噴射と点火を行い、デトネーション管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させることによりデトネーションを促進し、安定したパルスデトネーションエンジン作動を得るものである。

#### 【 0 0 2 6 】

パルスデトネーションエンジン 1 は、デトネーション管 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。このパルスデトネーションエンジン 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 5 を備えている。

#### 【 0 0 2 7 】

ここで「酸化ガス」とは、酸素又は酸素を含むガスであり、常圧又は高圧の空気又は酸素含有ガスである。また、「燃料」は、デトネーション遷移が困難なメタン、改質ガスや、アセチレンを有機溶媒（例えばアセトン）に溶解させたアセチレン溶解燃料であるのが好ましいが、本発明はこれらに限定されず、デトネーション遷移が容易なアセチレン、その他の炭化水素系燃料であってよい。

#### 【 0 0 2 8 】

図 1 において、パルスデトネーションエンジン着火装置 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 7 a , 酸化ガス供給部 7 b ( 例えば、プロアからの圧縮空気を調節する空気弁 ) と、デトネーション管 3 の管内に燃料を導く適数 ( ここでは 2 個の場合を想定している ) の吸気ポート 1 3 a , 吸気ポート 1 3 b と、適数の吸気ポート 1 3 a , 吸気ポート 1 3 b 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 1 1 a ~ 燃料噴射部 1 1 d と、適数の吸気ポート 1 3 a , 吸気ポート 1 3 b 内で同時に点火する点火栓 9 a , 点火栓 9 b とを備えている。

#### 【 0 0 2 9 】

これにより、デトネーション管 3 の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させることができる。すなわち、プロアからの酸化ガス ( 矢印 A R 1 方向 ) を酸化ガス供給部 7 a が調節して吸気ポート 1 3 a を介して、デトネーション管 3 に供給する。同様に、A R 2 方向の酸化ガスを酸化ガス供給部 7 b が調節して吸気ポート 1 3 a を介して、デトネーション管 3 に供給する。その後、燃料噴射部 1 1 a と燃料噴射部 1 1 c とにより、燃料が噴射される。これらは、対向しているから着火前の予混合気も噴流衝突により十分に混合することができムラのない均一な作動が可能となる。同様に、燃料噴射部 1 1 b と燃料噴射部 1 1 d とにより、燃料が噴射される。これらは、対向しているから着火前の予混合気も噴流衝突により十分に混合することができムラのない均一な作動が可能となる。

## 【 0 0 3 0 】

続いて、燃料は、それぞれの吸気ポート 1 3 a、吸気ポート 1 3 b を介してデトネーション管 3 内に溜められる。その後、点火栓 9 a により、吸気ポート 1 3 a 内の燃料に着火されると同時に点火栓 9 b により、吸気ポート 1 3 b 内の燃料に着火される。これにより、吸気ポート 1 3 a と、吸気ポート 1 3 b とは対向しているため、それぞれの吸気ポート 1 3 a、吸気ポート 1 3 b の出口からの燃焼ガスがデトネーション管 3 内で衝突し着火源となる高温活性ガスを分散させ急激な燃焼を行わせることによりデトネーション遷移を容易にすることができる。

## 【 0 0 3 1 】

図 2 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 2 実施形態図であり、パルスデトネーションエンジン 2 1 の概略構成をデトネーション管が環状に見える方向の断面図で示している。また、この例は、噴流増強型で吸気ポート出口に絞りを設け、噴流効果を高めるものである。

10

## 【 0 0 3 2 】

このパルスデトネーションエンジン 2 1 は、デトネーション管 2 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。またこのパルスデトネーションエンジン 2 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 2 5 を備えている。

## 【 0 0 3 3 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 2 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 2 7 a (例えば、矢印 A R 3 から酸化ガスを供給し調節を行う空気弁)、酸化ガス供給部 2 7 b (例えば、矢印 A R 4 から酸化ガスを供給し調節を行う空気弁)と、デトネーション管 2 3 の管内に燃料を導く適数の吸気ポート 3 3 a、吸気ポート 3 3 b と、適数の吸気ポート 3 3 a、吸気ポート 3 3 b 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 3 1 a ~ 燃料噴射部 3 1 d と、適数の吸気ポート 3 3 a、吸気ポート 3 3 b 内で同時に点火する点火栓 2 9 a、点火栓 2 9 b とを備えている。

20

## 【 0 0 3 4 】

さらに、適数の吸気ポート 3 3 a、吸気ポート 3 3 b の出口に噴流の絞り(各吸気ポート出口の面積を小さくする)を行う絞り部 3 5 a ~ 絞り部 3 5 d が設けられ、デトネーション管 2 3 の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。すなわち、絞り部 3 5 a、絞り部 3 5 c の絞りにより吸気ポート 1 1 a からの燃焼ガスの噴流効果が高まるとともに、絞り部 3 5 b、絞り部 3 5 d の絞りにより吸気ポート 1 1 b からの燃焼ガスの噴流効果が高まり対向衝突が効果的に行われデトネーション遷移を容易にすることができる。

30

なお、絞り部はこの構成に限定されず、単一の吸気ポートに複数の絞り部を設け、各絞り部により燃焼ガス噴流を絞ってその噴流効果を高めてもよい。

## 【 0 0 3 5 】

図 3 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 3 実施形態図であり、パルスデトネーションエンジン 4 1 の概略の構成を長手方向から見た断面図として示している。この例は、マルチポート型で対向する吸気ポートをデトネーション管軸方向に複数組設け、着火効果を高めるものである。

40

## 【 0 0 3 6 】

パルスデトネーションエンジン 4 1 は、デトネーション管 4 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。

また、パルスデトネーションエンジン 4 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 4 5 を備えている。

## 【 0 0 3 7 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 4 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 4 7 a、酸化ガス供給部 4 7 b と、デトネーション管 4 3 の軸方向(デトネーション管 4 3 の長手方向)に複数組設けられた対向する吸気ポート 5 3 a ~ 吸気ポート 5 3 d と、適数の吸気ポート 5 3 a ~ 吸気ポート 5 3 d 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 5 1 a ~ 燃料噴

50

射部 5 1 j (対向している燃料噴射部は図示しない)と、適数の吸気ポート 5 3 a ~ 吸気ポート 5 3 d 内で同時に点火する点火栓 4 9 a ~ 点火栓 4 9 d とを備えている。

【 0 0 3 8 】

そして、デトネーション管 4 3 内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。すなわち、対向する吸気ポート 5 3 a , 吸気ポート 5 3 b の組と、対向する吸気ポート 5 3 c , 吸気ポート 5 3 d の組は軸方向 (デトネーション管 4 3 の長手方向) に複数組 (本例では 2 組) 配置されているので、より大きな噴流衝突で着火効果を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 4 実施形態図である。この図において、図 4 ( a ) はデトネーション管が環状に見える方向の断面図であり、  
図 4 ( b ) は、デトネーション管を長手方向から見る断面図である。また、この例はマルチポート型で、対向する火炎ジェット出口に細管を束ねたもの等を挿入し、ジェット効果を高めるものである。

10

【 0 0 4 0 】

パルスデトネーションエンジン 6 1 は、デトネーション管 6 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。

このパルスデトネーションエンジン 6 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 6 5 を備えている。

【 0 0 4 1 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 6 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 6 7 a , 酸化ガス供給部 6 7 b と、デトネーション管 6 3 の管内に燃料を導く適数の吸気ポート 7 3 a , 吸気ポート 7 3 b と、適数の吸気ポート 7 3 a , 吸気ポート 7 3 b 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 7 1 a , 燃料噴射部 7 1 b と、適数の吸気ポート 7 3 a , 吸気ポート 7 3 b 内で同時に点火する点火栓 6 9 a , 点火栓 6 9 b とを備えている。

20

【 0 0 4 2 】

さらに、適数の吸気ポート 7 3 a , 吸気ポート 7 3 b のそれぞれの出口には、複数の細管 7 5 a ~ 細管 7 5 j がそれぞれ設けられている。そして、デトネーション管 6 3 内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。これにより、吸気ポート 7 3 a からの燃焼ガスは細管 7 5 a , 細管 7 5 c , 細管 7 5 e , 細管 7 5 g , 細管 7 5 i を通過することによりジェット効果が高まる。同様に吸気ポート 7 3 b からの燃焼ガスは細管 7 5 b , 細管 7 5 d , 細管 7 5 f , 細管 7 5 h , 細管 7 5 j を通過することによりジェット効果が高まる。そして、対向して衝突することによりデトネーション遷移を容易にすることができる。

30

【 0 0 4 3 】

図 5 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 5 実施形態図であり、デトネーション管が環状に見える方向の断面図である。また、この例は、マルチポート型で、酸化ガス供給部 / 燃料噴射部 / 点火栓を 1 つにまとめたものである。

【 0 0 4 4 】

パルスデトネーションエンジン 8 1 は、デトネーション管 8 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給し点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。

このパルスデトネーションエンジン 8 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 8 5 を備えている。

40

【 0 0 4 5 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 8 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 8 7 (例えば、矢印 A R 7 方向から得た酸化ガスを調節する空気弁)と、分岐した経路に形成され前記デトネーション管 8 3 の管内に燃料を導く吸気ポート 9 3 a , 吸気ポート 9 3 b と、吸気ポート 9 3 a , 吸気ポート 9 3 b 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 9 1 と、吸気ポート 9 3 a , 吸気ポート 9 3 b 内で点火を行う点火栓 8 9 とを備えている。

【 0 0 4 6 】

そして、デトネーション管 8 3 内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。すなわち、1つの吸気ポートの経路が途中で、吸気ポート 9 3 a と、吸気ポート 9 3 b の経路に分岐してい

50

る。点火栓 8 9 により、点火され発生した燃焼ガスは矢印 A R 8 方向と矢印 A R 9 方向に分岐し、対向する出口から噴射されるので、簡単な構成で燃焼ガスをデトネーション管 8 3 内で衝突させることができる。

【 0 0 4 7 】

図 6 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 6 実施形態図であり、デトネーション管が環状に見える方向の断面図である。また、この例は、マルチポート型で、デトネーション管外周に、対向する吸気ポートを複数組設け、着火効果を高めるものである。

【 0 0 4 8 】

パルスデトネーションエンジン 1 0 1 は、デトネーション管 1 0 3 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。

10

【 0 0 4 9 】

このパルスデトネーションエンジン 1 0 1 はパルスデトネーションエンジン着火装置 1 0 5 を備えている。

【 0 0 5 0 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 1 0 5 は、酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 1 0 7 a ~ 酸化ガス供給部 1 0 7 d (例えば、それぞれの矢印 A R 1 0 ~ 矢印 A R 1 3 方向から供給した酸化ガスを直接する空気弁)と、デトネーション管 1 0 3 の外周に複数組設けられた対向する吸気ポート 1 1 3 a ~ 吸気ポート 1 1 3 d と、吸気ポート 1 1 3 a ~ 吸気ポート 1 1 3 d 内で燃料噴射を行う燃料噴射部 1 1 1 a ~ 燃料噴射部 1 1 1 j と、吸気ポート 1 1 3 a ~ 吸気ポート 1 1 3 d 内で同時に点火する点火栓 1 0 9 a ~ 点火栓 1 0 9 d とを備えている。

20

【 0 0 5 1 】

そして、デトネーション管 1 0 3 の管内で燃焼ガス噴流を対向衝突させる。すなわち、デトネーション管 1 0 3 の外周に吸気ポート 1 1 3 a , 吸気ポート 1 1 3 b , 吸気ポート 1 1 3 c , 吸気ポート 1 1 3 d がそれぞれ対向して配置されている。ここで、対向とは、吸気ポート 1 1 3 a に対して吸気ポート 1 1 3 b が対向し、吸気ポート 1 1 3 c に対して吸気ポート 1 1 3 d が対向している場合のみならず、例えば、吸気ポート 1 1 3 a に対して吸気ポート 1 1 3 b , 吸気ポート 1 1 3 c , 吸気ポート 1 1 3 d が対向しているといえる。これにより、ムラのない燃焼ガスの衝突を行うことができデトネーション遷移を容易にする。

30

【 0 0 5 2 】

図 7 は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 7 実施形態図であり、デトネーション管が環状に見える方向の断面図である。また、この例は、乱流促進体と旋回火炎で着火効果を高めるものである。

【 0 0 5 3 】

パルスデトネーションエンジン 1 2 0 は、デトネーション管 1 2 2 の管内に、酸化ガス及び燃料を供給して点火を行いデトネーションを間欠的に発生させるエンジンである。

【 0 0 5 4 】

このパルスデトネーションエンジン 1 2 0 はパルスデトネーションエンジン着火装置 1 2 5 を備えている。

40

【 0 0 5 5 】

パルスデトネーションエンジン着火装置 1 2 5 は、デトネーション管 1 2 2 内と連通しその管内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を供給する互に対向する吸気ポート 1 2 3 a , 1 2 3 b と、吸気ポート 1 2 3 a , 1 2 3 b 内に酸化ガスの供給を行う酸化ガス供給部 1 2 7 a , 1 2 7 b と、吸気ポート内に燃料噴射を行う燃料噴射部 1 2 1 a , 1 2 1 b と、吸気ポート内の予混合気に同時に点火する点火栓 1 2 9 a , 1 2 9 b とを備えている。

【 0 0 5 6 】

この構成により、デトネーション管 1 2 3 内と対向する吸気ポート 1 2 3 a , 1 2 3

50

b内に燃料と酸化ガスからなる予混合気を充填後、対向する吸気ポート123a, 123b内で同時に点火し、発生した燃焼ガス噴流をデトネーション管122内に対向噴射することができる。

【0057】

また、パルスデトネーションエンジン着火装置125は、さらに対向する吸気ポート123a, 123b内に挿入された乱流促進体126a, 126bを有する。この乱流促進体126a, 126bは、例えばShchelkinスパイラルであるが、本発明はこれに限定されず、流れを乱して乱流を形成する機能を有していればよい。

この乱流促進体126a, 126bにより吸気ポート123a, 123b内での火炎伝播を加速し、これによりデトネーション管122内に対向噴射する燃焼ガス噴流を強化し、デトネーション遷移性を高めることができる。

10

【0058】

図7の第7実施形態図において、対向する吸気ポート123a, 123bは、デトネーション管122の直径方向に互にオフセットされている。

この構成により、デトネーション管122の管内に燃焼ガス噴流の旋回火炎を形成し、着火源となる高温活性ガスを旋回火炎により分散させ急激な燃焼を行わせることによりデトネーション遷移を容易とすることができる。

【0059】

図8は、本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第8実施形態図であり、デトネーション管を長手方向から見る断面図である。

20

この例において、対向する吸気ポート133a, 133bは、デトネーション管132の軸方向に向き、かつ直径方向に互にオフセットされている。

その他の構成は第7実施形態図と同様である。この構成により、デトネーション管133の管内に燃焼ガス噴流のスパイラル状の旋回火炎を形成し、着火源となる高温活性ガスを旋回火炎により分散させ急激な燃焼を行わせることによりデトネーション遷移を容易とすることができる。

【0060】

なお、図7、図8の実施形態において、単一の吸気ポートに単一又は複数の絞り部を設け、各絞り部により燃焼ガス噴流を絞ってその噴流効果を高めてもよい。

また、複数の絞り部の一部をデトネーション管内に対向させ、その他の絞り部を直径方向に互にオフセットして、対向噴射した燃焼ガス噴流の一部をデトネーション管内で衝突させ、同時に残りの燃焼ガス噴流で旋回火炎を形成してもよい。

30

【実施例1】

【0061】

図2に示した第2実施形態、および図7に示した第7実施形態を用いて、パルスデトネーションエンジンの着火試験を実施した。この試験の試験条件は、以下のとおりである。

【0062】

混合気：アセチレン - 空気（当量比は1.0）

副室長さ：89mm

副室位置：管端から副室軸心まで54mm

40

副室配置：対向（counter）およびオフセット（offset）

オリフィス直径：6mmおよび8mm

【0063】

ここで、「副室」とは本発明の吸気ポートであり、「オリフィス」とは本発明の絞り部であり、「フレームジェット」とは絞り部から噴出する本発明の燃焼ガス噴流である。

【0064】

図9～12は、本発明による着火装置の実施例を示す図である。

図9は、フレームジェット使用時の主室および副室内圧力の時間変化を示している。この図において、横軸は時間、縦軸は圧力、図中の曲線は主室端と副室の圧力である。また、「主室端」とは、本発明のデトネーション管の閉じた端部を意味する。

50

図 9 において、副室の圧力は左右 ( L と R ) がほぼ正確に一致しており、同時に点火していることがわかる。

また、絞り部を用いたフレームジェット使用時において、主室内圧力は着火直後のフレームジェット噴出期間を除き、常に副室内圧力より高く、かつ主室内圧力変化に比較して副室内圧力変化の方が小さいことがわかる。

【 0 0 6 5 】

図 1 0 は、フレームジェット使用時、およびフレームジェットを用いず通常火花点火した場合 ( 図中では、no o b s t a c l e ) の火炎速度の時間変化を示している。この図において、横軸は主室端からの距離、縦軸は火炎速度を示している。

この図から、通常火花点火時に比較して、フレームジェットの火炎速度は、短い距離で定常デトネーション速度 ( 約 2 0 0 0 m / s ) に達しており、デトネーション距離を短縮できることがわかる。

【 0 0 6 6 】

図 1 1 は、フレームジェット使用時および通常火花点火時の x t ダイアグラムであり、水平線は管端のフォトダイオード出力信号の立ち上がり時刻であり、デトネーション遷移時刻を示している。この図において、横軸は主室端からの距離、縦軸は時間である。また、図 1 2 は図 1 1 の一部を拡大したものである。

これらの図から、フレームジェットでは約 1 0 ~ 1 2 . 5 m s で火炎速度が高速となりデトネーション遷移しているのに対し、通常火花点火の場合は、約 3 3 m s でデトネーション遷移していることがわかる。すなわちフレームジェットで着火することにより、絞り部のない場合に比較して火炎伝播時間が、例えば 1 / 3 に短縮されるといえる。

また、フレームジェットを用いた場合を比較すると、この試験ではオリフィス径が 6 m m よりも 8 m m の方が、また副室は位置が対向よりもオフセットの方が、デトネーション遷移時間が短縮されたことがわかる。

【 0 0 6 7 】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変更することができることは勿論である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 8 】

【 図 1 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 1 実施形態図である。  
 【 図 2 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 2 実施形態図である。  
 【 図 3 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 3 実施形態図である。  
 【 図 4 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 4 実施形態図である。  
 【 図 5 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 5 実施形態図である。  
 【 図 6 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 6 実施形態図である。  
 【 図 7 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 7 実施形態図である。  
 【 図 8 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の第 8 実施形態図である。  
 【 図 9 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の実施例を示す図である。  
 【 図 1 0 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の実施例を示す別の図である。

【 図 1 1 】 本発明によるパルスデトネーションエンジン着火装置の実施例を示すさらに別の図である。

【 図 1 2 】 図 1 1 の一部拡大図である。

【 図 1 3 】 パルスデトネーションエンジンの作動説明図である。

【 図 1 4 】 従来デトネーション管の模式図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

1 , 2 1 , 4 1 , 6 1 , 8 1 , 1 0 1 , 1 2 0 : パルスデトネーションエンジン  
 3 , 2 3 , 4 3 , 6 3 , 8 3 , 1 0 3 , 1 2 2 : デトネーション管  
 5 , 2 5 , 4 5 , 6 5 , 8 5 , 1 0 5 , 1 2 5 : パルスデトネーションエンジン着火装

10

20

30

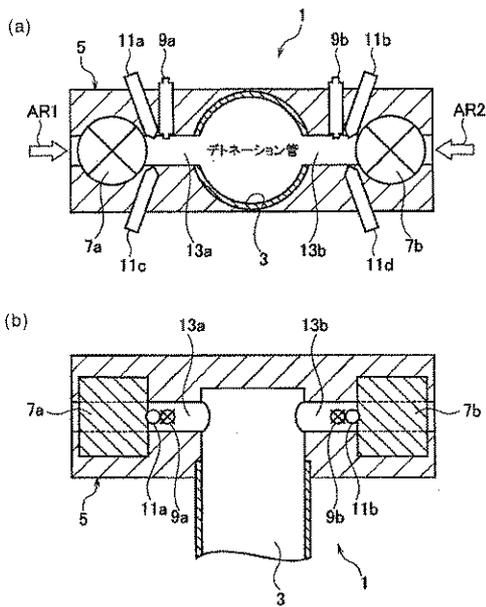
40

50

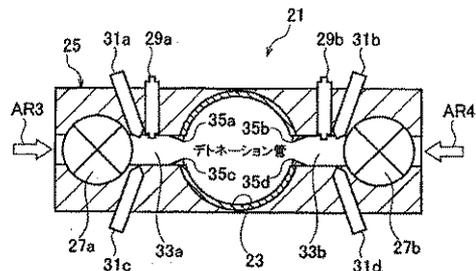
置

- 7 a , 7 b , 2 7 a , 2 7 b , 4 7 a , 4 7 b , 6 7 a , 6 7 b , 8 7 ,
- 1 0 7 a ~ 1 0 7 d , 1 2 7 a , 1 2 7 b : 酸化ガス供給部
- 9 a , 9 b , 2 9 a , 2 9 b , 4 9 a ~ 4 9 d , 6 9 a , 6 9 b , 8 9 ,
- 1 0 9 a ~ 1 0 9 d , 1 2 9 a , 1 2 9 b : 点火栓
- 1 1 a ~ 1 1 d , 3 1 a ~ 3 1 d , 5 1 a ~ 5 1 h , 7 1 a ~ 7 1 b ,
- 9 1 , 1 1 1 a ~ 1 1 1 h , 1 2 1 a , 1 2 1 b : 燃料噴射部
- 1 3 a , 1 3 b , 3 3 a , 3 3 b , 5 3 a ~ 5 3 d , 7 3 a , 7 3 b ,
- 9 3 a , 9 3 b , 1 1 3 a , 1 1 3 b , 1 2 3 a , 1 2 3 b ,
- 1 3 3 a , 1 3 3 b : 吸気ポート
- 1 2 6 a , 1 2 6 b : 乱流促進体

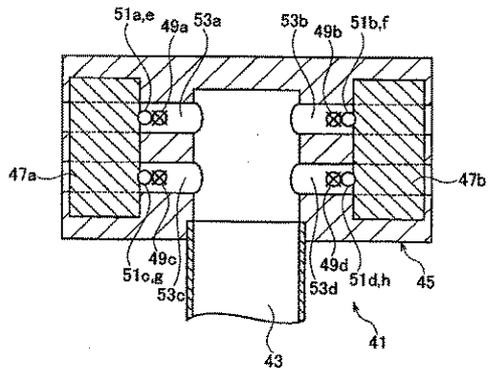
【 図 1 】



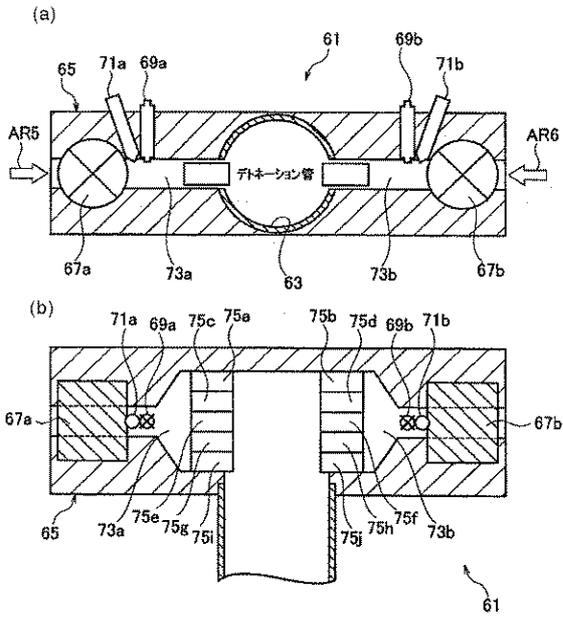
【 図 2 】



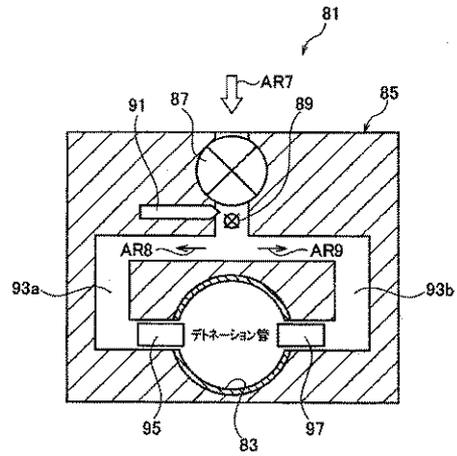
【 図 3 】



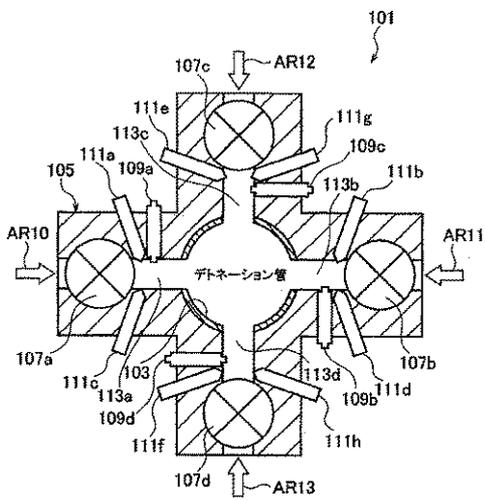
【 図 4 】



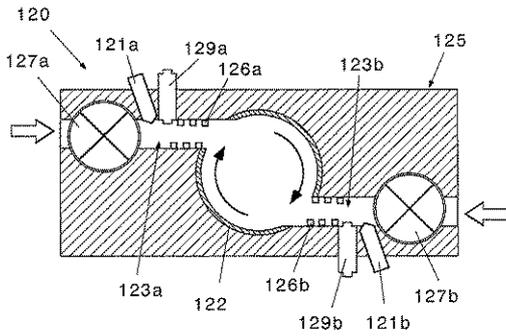
【 図 5 】



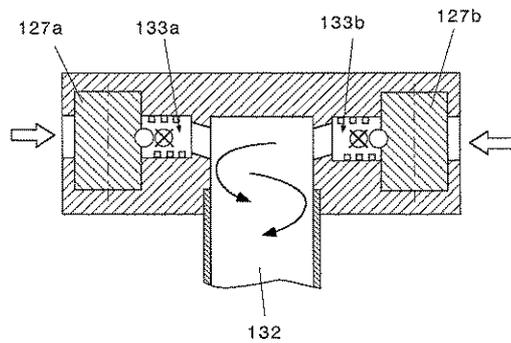
【 図 6 】



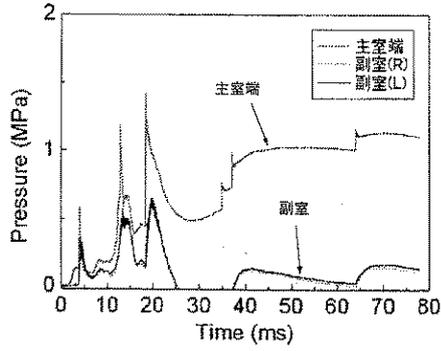
【 図 7 】



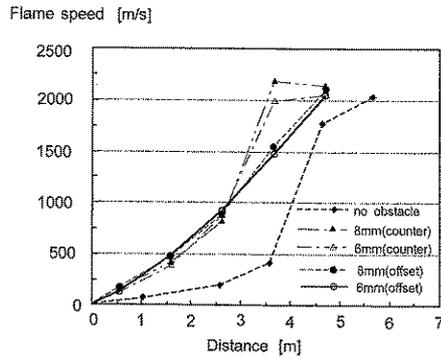
【 図 8 】



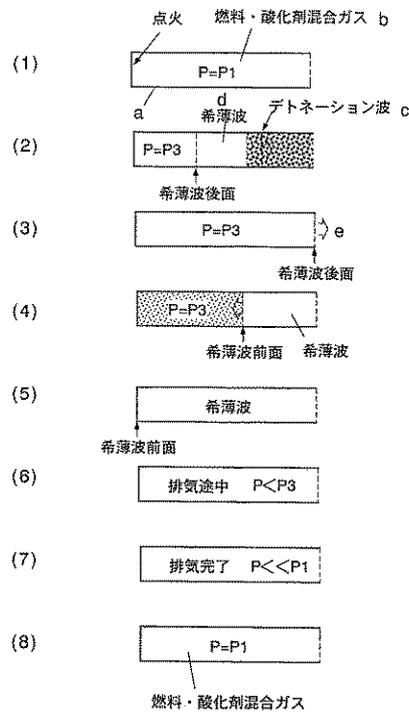
【図 9】



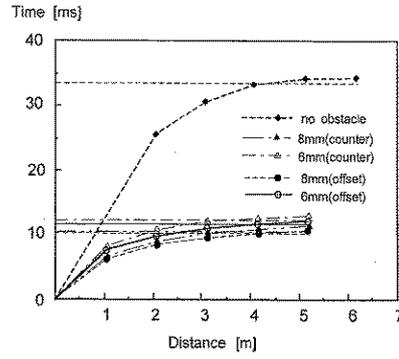
【図 10】



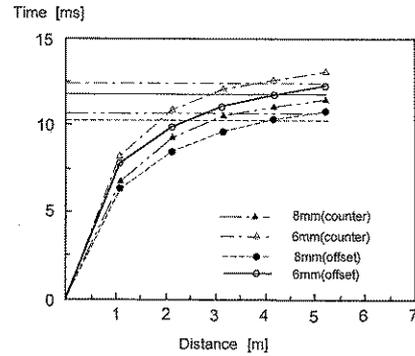
【図 13】



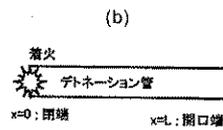
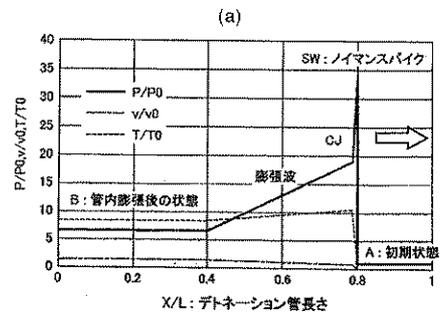
【図 11】



【図 12】



【図 14】



(c)

station	A	SW	CJ	B	C
	初期状態	衝撃波後	CJ状態	管内膨張後	管外膨張後
P/P0	1	33.9	19.1	6.7	1
v/v0	1	0.20	0.55	1.27	5.69
T/T0	1	6.6	10.5	8.5	5.7
T[K]	298	1971	3130	2523	1696

フロントページの続き

(72)発明者 石井 一洋

神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台79番1号 国立大学法人横浜国立大学内