

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5319780号
(P5319780)

(45) 発行日 平成25年10月16日(2013.10.16)

(24) 登録日 平成25年7月19日(2013.7.19)

(51) Int.Cl. F I
FO2M 61/18 (2006.01) FO2M 61/18 32OZ
 FO2M 61/18 33OZ

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-536016 (P2011-536016)	(73) 特許権者	510119821
(86) (22) 出願日	平成21年11月12日 (2009.11.12)		デルファイ・テクノロジーズ・ホールディング・エス.アー.エール.エル.
(65) 公表番号	特表2012-508845 (P2012-508845A)		ルクセンブルク国 4940 パシヤラー
(43) 公表日	平成24年4月12日 (2012.4.12)		ジュ, アヴニユ・ドゥ・ルクセンブルク
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/065070	(74) 代理人	100140109
(87) 国際公開番号	W02010/055103		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開日	平成22年5月20日 (2010.5.20)	(74) 代理人	100075270
審査請求日	平成23年7月8日 (2011.7.8)		弁理士 小林 泰
(31) 優先権主張番号	08169097.6	(74) 代理人	100080137
(32) 優先日	平成20年11月14日 (2008.11.14)		弁理士 千葉 昭男
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100096013
			弁理士 富田 博行
		(74) 代理人	100137039
			弁理士 田上 靖子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 噴射ノズル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体を噴射するための噴射ノズルであって、
 ノズル本体と、流体用の流路を形成するノズル孔とを含み、
 前記流路は通路壁を含み、前記ノズル孔は前記流路を介して出口と流体連通した入口を有し、

前記入口は前記出口よりも大きく、前記流路に沿って前記入口及び前記出口を通る少なくとも一つの断面において、前記ノズル孔は、前記流路の長さ内の全ての距離 x について、

$| (dS / dx) | > 60 \mu\text{m} / \text{mm}$ (ここで、 S = 壁間離間距離であり、 x は前記入口からの距離である) という条件によって定義される、噴射ノズル。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の噴射ノズルにおいて、
 前記ノズル孔は、 $| (dS / dx) | > 80 \mu\text{m} / \text{mm}$ という条件によって定義される、噴射ノズル。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の噴射ノズルにおいて、
 前記入口及び前記出口は、ノズル孔軸線を定義し、前記少なくとも一つの断面は、前記軸線を通る、噴射ノズル。

【請求項 4】

20

請求項 3 に記載の噴射ノズルにおいて、
前記条件は、前記軸線に直交する全ての断面について満たされる、噴射ノズル。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記壁の条件は、前記流路の長さの少なくとも 40% に亘って保持される、噴射ノズル。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記ノズル孔は、前記流路の長さに沿って円形断面を有する、噴射ノズル。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 5 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記ノズル孔は、前記流路の長さに沿って楕円形断面を有する、噴射ノズル。

10

【請求項 8】

請求項 7 に記載の噴射ノズルにおいて、
前記楕円の長軸及び短軸のいずれか一方又は両方を通る断面が前記条件を満たす、噴射ノズル。

【請求項 9】

請求項 1 乃至 5 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記ノズル孔は、前記流路の長さに沿ってほぼ矩形断面を有する、噴射ノズル。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記ノズル本体には、流体源と連通したポアが設けられており、前記噴射ノズルは、流体を前記ポアから前記ノズル孔を通して前記噴射ノズルの外側の容積に噴射するように構成されている、噴射ノズル。

20

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記ノズルは、請求項 1 乃至 10 のうちのいずれか一項に記載のノズル孔による複数のノズル孔を含む、噴射ノズル。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の噴射ノズルにおいて、
前記複数のノズル孔は、一つ又はそれ以上の孔の列をなして配置されている、噴射ノズル。

30

【請求項 13】

請求項 1 乃至 12 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルにおいて、
前記少なくとも一つの断面の前記通路壁は、放物線輪郭、直線状輪郭、又は曲線と直線を組み合わせた輪郭を形成する、噴射ノズル。

【請求項 14】

請求項 1 乃至 13 のうちのいずれか一項に記載の噴射ノズルを含む、内燃エンジン用燃料インジェクタ。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の内燃エンジン用燃料インジェクタにおいて、
前記噴射ノズルは、一連の噴射孔を備える先端を有するノズル本体と、前記ノズル本体のポアに配置されるニードルとを備えており、前記一連の噴射孔は、前記ニードルが前記ニードルの座から持ち上げられたとき、前記噴射ノズルから燃焼空間に燃料を噴射するように配置されている、内燃エンジン用燃料インジェクタ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は噴射ノズルに関する。詳細には、本発明は、流体をノズル内部容積から外部容積に噴射するための改良ノズルの形態及び輪郭に関する。本発明の特定の用途は燃料噴射システムであるが、流体を第 1 容積から第 2 容積に噴射するためのノズル構成を使用する

50

任意のデバイスに適用してもよい。

【背景技術】

【0002】

直噴型内燃エンジンについて、燃料は、代表的には、多孔ノズル設計を使用する噴射ノズルから噴射される。多孔ノズル設計では、個々の孔の各々（ノズル出口）は、専用工具で精密に製造された所定の内部形状を有する。孔の内部形状は、液体燃料を効率的に噴霧することにより、燃焼チャンバ内で混合気を急速に形成できるようにするため、形成され且つ最適化される。このような最適化により、排気エミッションを低減し、燃焼音を最適化し、燃料消費量を減少する。

【0003】

空気及び燃料の混合を改善するために従来行われた努力には、孔の入口オリフィスに丸みを付けることが含まれる。これは、孔の入口に丸みを付けることによりノズル流出係数 (discharge coefficient) が増大し、これによってスプレーの運動量が増大し、燃焼チャンバ内で燃料の良好な混合が行われるという理解の下に行われた。この種の丸み付けは、研磨粒子を含むペーストを使用して行われるが、これには製造プロセスに時間がかかるという欠点があった。これは、噴射ノズルの全体としての製造費用に影響を及ぼす。

【0004】

最近（例えば、本出願人のEP0352926、EP1669157、及びEP1669158を参照されたい）、テーパ孔を使用することにより、（丸みを付けた孔オリフィスを持つ噴射ノズルと比較して）等価のノズル効率性能が得られ、これと同時に製造プロセスの時間及び費用が低減されるということが提案されている。テーパ孔角度（先細）は、従来、以下に定義する k_{factor} というファクタによって特徴付けられてきた。

【0005】

【数1】

$$k_{factor} = \frac{(D_{in} - D_{out})}{10}$$

【0006】

ここで、 D_{in} 及び D_{out} は、夫々ノズルの入口オリフィス直径及び出口オリフィス直径である（これらの直径は、 μm 単位の大きさである）。

現在製造されている噴射ノズルの代表的な k_{factor} の値は1乃至2.5である。これは、孔入口と孔出口との間の孔の直径の減少が $10 \mu m$ 乃至 $25 \mu m$ であるということと等しい（代表的には、ノズル孔自体の長さは $1 mm = 1000 \mu m$ である）。これらの k_{factor} の値は、噴射に含まれる物理的プロセスの現在の知識によって、及び現在の製造機器の構成によって決定されてきたということに着目されたい。

【0007】

ノズル孔効率は、ノズル流出係数 Cd によって特徴付けられることができる。ノズル流出係数 Cd は、以下のベルヌーイの式を使用して計算される。

【0008】

【数2】

$$Cd = \frac{Q}{S_{out} \sqrt{\frac{2(P_{in} - P_{out})}{\rho}}}$$

【0009】

ここで、 Q は、計測により得られた孔の流量であり、 P_{in} 及び P_{out} は、夫々、孔の入口圧力及び出口圧力（燃料噴射圧力及び燃焼チャンバのガス圧であり得る背圧）であり、 S_{out} は孔の出口断面であり、 ρ は、孔入口の圧力条件及び温度条件での液体燃料の密度である。

【0010】

10

20

30

40

50

自動車の用途での C_d の値は、代表的には製造中に計測され、 0.80 乃至 0.88 であり（ノズルの上流圧力及び下流圧力は、夫々 $101 \times 10^3 \text{ hPa}$ （ 101 パール）及び $1 \times 10^3 \text{ hPa}$ （ 1 パール）である）。現在の周知の孔設計は、 0.88 より大きいノズル孔流出係数を提供しないということに着目されたい。

【0011】

ノズル孔の設計における別のファクタは、ノズル孔が効果的に作用するようにするため、孔で必要とされる製造精度である。これに関し、 k_{factor} の値が 1 乃至 2.5 であるように設計された孔は、孔の長さの影響を受け易く、孔の長さが変化すると、噴射ノズルの性能に悪影響が及ぼされる可能性があるということに着目されたい。従って、現在の噴射ノズルのノズル孔の機械加工は高い精度を要求し、その結果、製造プロセスに時間がかかり、費用がかかる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】EP0352926

【特許文献2】EP1669157

【特許文献3】EP1669158

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

従って、本発明の目的は、上述の問題点を解決する、又は大幅に緩和する噴射ノズルを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の第1の態様によれば、流体を噴射するための噴射ノズルにおいて、ノズル本体と、流体用の流路を形成するノズル孔とを含み、流路は通路壁を含み、ノズル孔は流路を介して出口と流体連通した入口を有し、

入口は出口よりも大きく、流路に沿って入口及び出口を通る少なくとも一つの断面において、ノズル孔は、流路の長さ内の全ての距離 x について、

$| (dS/dx) | > 45 \mu\text{m}/\text{mm}$ （ここで、 S = 壁間離間距離であり、 x は入口からの距離である）という条件によって定義される、噴射ノズルが提供される。

30

【0015】

本発明は、従来のノズル設計におけるよりもテーパのレベルが遥かに大きい、テーパした（入口が出口よりも大きい）噴射孔を持つ噴射ノズルを提供する。詳細には、スライス（断面）を孔の長さに沿って得る場合、前記断面の大部分に亘り、条件 $| (dS/dx) |$ （即ち、壁間離間距離（孔の向き合った内壁間の距離）の、距離に対する変化率の大きさ）が前記断面の大部分内の全ての距離 x について、 $45 \mu\text{m}/\text{mm}$ よりも大きいということに着目されたい。

【0016】

換言すると、ノズル孔の大部分に沿って任意の所与の距離 x での条件 (dS/dx) （又は $| (dS/dx) |$ ）の大きさは、 $45 \mu\text{m}/\text{mm}$ よりも大きい。断面内の通路壁の輪郭は直線状であってもよいということに着目されたい。別の態様では、これらの壁の輪郭は、放物線又は他の湾曲した輪郭であってもよいし、曲線と直線を組み合わせた輪郭であってもよい。しかしながら孔を通る断面内では、孔の長さの大部分に沿った条件の最小値は、常に $45 \mu\text{m}/\text{mm}$ よりも大きい。即ち、 $| (dS/dx) | > 45 \mu\text{m}/\text{mm}$ である。

40

【0017】

従来のノズル孔設計と比較すると、本発明の実施例による噴射ノズルは、流出係数の向上、良好な燃料噴霧化性能、及び孔自体の内部の圧力及び速度の改善がなされるということに着目されたい。更に、孔に丸みを付けた従来の孔設計では、壁間離間距離の値が、局所

50

的に、上述の壁条件を越えるということに着目されたい。しかしながら、これは従来のノズル孔の極めて限られた部分でしか起こらず、孔の長さに沿って壁条件を保持する本発明とは対照的である。

【0018】

本発明の一実施例による噴射ノズルは、EP0352926、EP1669157、EP1669158、EP1081374、EP1180596、EP1344931、EP1496246、EP1498602、EP1522721、EP1553287、EP1645749、EP1703117、EP1744051、及びEP1643117等の本出願人の特許出願に記載された燃料噴射システムで使用されてもよい。しかしながら、本発明は、流体を第1容積から第2容積に噴射する任意の流体送出システムに適用できるとということに着目されたい。

10

【0019】

好ましくは、ノズル孔は、孔の長さに沿った任意の所与のxのところで、 $| (dS/dx) | > 60 \mu\text{m/mm}$ という条件によって定義される。この条件を満たすノズル孔は、周知のテーパ噴射孔と比較した流出係数Cdの分析に基づいて、性能が約5%向上することが示されるということに着目されたい。

【0020】

好ましくは、ノズル孔は、孔の長さに沿った任意の所与のxのところで、 $| (dS/dx) | > 80 \mu\text{m/mm}$ という条件によって定義される。この条件により、噴射孔の長さの変化がその性能に及ぼす効果を減少するということに着目されたい。従って、この条件を満たすノズル孔は、現在の噴射孔程の高い製造許容差レベルで製造される必要がない。

20

【0021】

便利には、本発明の実施例によるノズル孔の改良された性能は、壁条件が孔の長さの少なくとも40%に亘って保持された場合に観察されるということに着目されたい。好ましくは、条件は、最終的に、孔の長さの60%乃至90%に亘って保持されなければならない。

【0022】

便利には、孔の入口及び出口がノズル孔軸線を定義する場合、少なくとも一つの断面は、軸線を通る断面であってよい。便利には、壁間離間距離条件は、軸線を通る全ての断面について、軸線周りの配向に関わらず満たされる。

30

【0023】

便利には、ノズル孔の断面は、円形であってもよいし楕円形であってもよい。断面が楕円形である場合には、断面は、孔の軸線及び楕円の長軸又は短軸のいずれかを通る断面が壁間離間距離条件を満たす。別の態様では、ノズル孔の断面は、三角形、矩形、正方形、又は任意の他の多角形であってもよい。

【0024】

ノズル本体には、流体源（例えば加圧燃料）と連通したボアが設けられていてもよく、噴射ノズルは、流体をボアからノズル孔を通して噴射ノズルの外側の容積、例えば、エンジンシステムの燃焼容積に噴射するように構成されていてもよい。この構成では、孔入口はボア内に開放しており、孔出口は噴射ノズルの外側の容積に開放しているということに着目されたい。

40

【0025】

好ましくは、噴射ノズルは、上文中に説明したノズル孔による複数のノズル孔を含み、これらの複数のノズル孔は、本出願人の特許出願EP1645749、特許出願EP1703117、特許出願EP1744051、及び特許出願EP1643117に記載されているように、一つ又はそれ以上の孔列をなして配置されていてもよい。

【0026】

少なくとも一つの断面内の流路の通路壁は、直線状の構成を備えていてもよいし、非直線状の構成を備えていてもよく、例えば直線状テーパ輪郭、放物線輪郭、直線状輪郭と非直線状輪郭を組み合わせた輪郭を形成してもよい。

50

【 0 0 2 7 】

本発明は、本発明の第 1 の態様による噴射ノズルを含む、内燃エンジン用燃料インジェクタを含む。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 8 】

【 図 1 】 図 1 は、周知の燃料インジェクタ構成の断面図である。

【 図 2 】 図 2 は、周知の燃料インジェクタ構成の断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、代表的な噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、噴射ノズルの周知の噴射孔構成を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、噴射ノズルの周知の噴射孔構成を示す図である。

10

【 図 6 】 図 6 は、本発明の一実施例による噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 7 a 】 図 7 a は、本発明の一実施例と関連して使用できる噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 7 b 】 図 7 b は、本発明の一実施例と関連して使用できる噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 7 c 】 図 7 c は、本発明の一実施例と関連して使用できる噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 7 d 】 図 7 d は、本発明の一実施例と関連して使用できる噴射ノズル出口孔の断面図である。

【 図 8 】 図 8 は、孔入口の半径に対する流出係数 C_d のプロットを示す図である。

20

【 図 9 】 図 9 a 乃至図 9 j は、ノズル孔のテーパが孔の内部流体圧力及び速度に及ぼす効果を示す図である。

【 図 10 a 】 図 10 a は、孔入口からの距離に関するノズル孔の内部圧力のプロットである。

【 図 10 b 】 図 10 b は、孔入口からの距離に関する内部流体速度のプロットである。

【 図 10 c 】 図 10 c は、孔軸線からの距離に関する内部流体速度のプロットである。

【 図 11 a 】 図 11 a は、長さが異なる二つのノズル孔についての、孔の内部形状に対する流出係数の改善を示すプロットである。

【 図 11 b 】 図 11 b は、入口に丸みが付けてない第 1 ノズル孔及び入口に丸みを付けた第 2 ノズル孔についての、孔の内部形状に対する流出係数の改善を示すプロットである。

30

【 図 12 】 図 12 a 乃至図 12 f は、周知の孔形状及び本発明の実施例による孔形状についての内部圧力場及び速度場の比較を示す図である。

【 図 13 】 図 13 a 乃至図 13 d は、長さが異なる二つの孔について、流体出口速度に及ぼされる孔テーパの増大の効果を示す図である。

【 図 14 】 図 14 a 乃至図 14 f は、燃焼容積内へのスプレー侵入に及ぼされる孔テーパの効果を示す図である。

【 図 15 】 図 15 は、周知の孔形状及び本発明の実施例による孔形状についての、エミッション及び粒状物のレベルのプロットを示す図である。

【 図 16 】 図 16 は、周知の孔形状及び本発明の実施例による孔形状についての、 CO_2 エミッションのレベルの比較を示す図である。

40

【 図 17 】 図 17 a 乃至図 17 d は、周知の孔形状及び本発明の実施例による孔形状についての、燃料消費量、フィルタスモークナンバー (FSN)、ブースト圧力、及び排気温度のプロットを示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 9 】

以下の説明において、本発明を、燃料噴射ノズルへのその応用に関して論じる。しかしながら、本発明は、第 1 容積から第 2 容積内への燃料の噴射に使用される任意の種類の噴射ノズルに適用してもよいということに着目されたい。例えば、噴射ノズルは、液体燃料を供給容積から家庭用暖房システムの加熱 / 燃焼チャンバ内に噴射するのに使用してもよい。本発明のその他の用途には、ガソリン直噴システム及び暖房炉が含まれる。

50

【 0 0 3 0 】

更に、以下に説明する本発明の実施例による噴射ノズルの使用は、任意の特定の種類のエンジンに限定されないということに着目されたい。

以下の説明において、同様の特徴を示すのに同じ参照番号を使用したということに着目されたい。

【 0 0 3 1 】

更に、以下の説明において、噴射孔の長さに沿った噴射孔の壁間離間距離(separation of the walls) の変化の態様を説明するため、「平均 $| (d S / d x) |$ 」という用語を簡略表記として使用するということに着目されたい。この表現において、Sは、噴射孔が形成する通路に沿った断面内の噴射ノズルの壁間離間距離に関し、前記表現は、前記断面に沿った任意の所与の点(又は孔の長さに沿った任意の所与の点)で、壁間離間距離の「勾配」が常に表記値よりも大きいということの意味するものと解されるべきである。従って、この表現には、非線形壁形状が含まれるが、値 $| d S / d x |$ の最小値は、常に(たとえば、値が、噴射孔の長さに沿って変化しようとも又は条件が定義される噴射孔の大部分に沿って変化しようとも)、表記値よりも大きいということに着目されたい。

【 0 0 3 2 】

次に図1及び図2を参照すると、これらの図には、ノズル本体7のボア5内に噴射ニードル3が配置された噴射ノズル1が示してある。ノズルは、更に、燃料を燃料ギャラリ11に供給するための供給孔9を含む。ニードル3は、上ガイド13及び下ガイド15によって移動が制限されている。本体7の先端の一連の噴射孔17により、ニードルがその座21から持ち上げられたとき、噴射ノズル1のベースのノズルサック19から燃焼空間(図示せず)に燃料を噴射できる。

【 0 0 3 3 】

図3は、ノズル孔の断面図を示す。孔の入口25の直径は $D_{i n}$ であり、孔の出口27の直径は $D_{o u t}$ であり、 $D_{i n} > D_{o u t}$ であるということに着目されたい。孔の軸線29に沿った距離xの増大に従って、孔の壁31が先細になり、テーパした内部形状を形成するということに着目されたい。図3の寸法は、例示の目的で誇張してあるが、孔の長さは、代表的には、1mm(1000 μ m)であり、 $D_{i n}$ と $D_{o u t}$ との差は、10 μ m乃至25 μ mの範囲内にあるということに着目されたい。

【 0 0 3 4 】

図4は、一列の噴射孔17が設けられた噴射ノズル1の断面図である。図5は、二列33の噴射孔が設けられた変形例を示す。

図6は、本発明の一実施例によるノズル孔17の断面図である。三つの別々の孔内部形状を図6に示す(三つの壁部分31a、31b、及び31cによって表示する)。図3の噴射ノズルと比較すると、図6の孔入口25は、孔出口27よりもかなり大きいということに着目されたい。

【 0 0 3 5 】

図6では、孔の軸線に沿った所定の位置xでの孔の直径Dを $D(x)$ と表記する。平均 $| (d S / d x) | > 45 \mu m / m m$ であるということに着目されたい。換言すると、孔の中央軸線に沿った $| (d D / d x) |$ の最小値は、 $> 45 \mu m / m m$ である。しかしながら、 $| (d D / d x) |$ の勾配は、孔の壁の輪郭が非線形であるように、軸線に沿って変化していてもよいということに着目されたい。

【 0 0 3 6 】

以下に説明するように、図6に示す様々な孔形状は全て、孔の直径(又は非円形断面の孔についての壁間離間距離)の変化率が45 μ m/mmを超える場合、周知の噴射ノズルと比較して、改良されたインジェクタ性能を提供する。

【 0 0 3 7 】

図6に関して上文中に説明したように、孔の断面形状は必ずしも円形でなくてもよい。図7a乃至図7dに示すように、孔の軸線に沿った少なくとも一つの断面について、孔の長さに沿った孔の壁間離間距離が、平均 $| (d S / d x) | > 45 \mu m / m m$ (ここで、S

10

20

30

40

50

= 壁間離間距離) という条件を満たす限り、本発明の実施例と関連して、円形、楕円形、矩形、及び場合によっては半円形の孔断面を使用してもよい。

【0038】

非円形孔断面は、性能上の利点を提供する。例えば、矩形の孔設計は、シート状の燃料を燃焼チャンバに噴射することができる。これは、特定の場合において、円形の孔で噴射される噴流よりも好ましい。

【0039】

図8は、円形断面のノズル孔についての孔の内部形状に対する流出係数 C_d のプロットを示す。この図は、円筒形状 ($d/D = 0$) から、孔の直径が $180 \mu\text{m} / 1000 \mu\text{m}$ 相当で変化する、極端な孔設計までの孔の内部形状をカバーするということになる。五つの異なる孔の入口半径についての結果を示す。

10

【0040】

図8の目的のために、基準孔設計は、 0.85 乃至 0.88 の流出係数に相当し、 y 軸は、この設計に対する改善のパーセンテージを示す。

現在のノズル設計は、 50 と表示した領域内に入り、長さ 1 mm のノズル孔について、これらの孔形状は、 0 乃至 3 の K_{factor} に相当することがわかる。

【0041】

図から、壁間離間距離が約 $45 \mu\text{m} / \text{mm}$ 又はそれ以上の割合で増大する孔の内部形状は、流出係数 C_d が現在の設計と比較して大幅に向上することがわかる。更に、孔のテーパは、孔の流出係数 C_d に、入口半径よりも大きな影響を及ぼす(即ち、テーパには、孔入口に局所的に丸みを付けるよりも大きな効果がある)ということに着目されたい。更に、壁間離間距離が $60 \mu\text{m} / \text{mm}$ よりも大きな割合で増大すると、噴射ノズルは 5% の性能の向上を示すということに着目されたい。

20

【0042】

図9a乃至図9jは、ノズル孔のテーパが孔の内部流体圧力及び速度に及ぼす効果を示す。図9では、三つの異なる孔形状を試験した。図9aから、孔のテーパが図の左から右に向かって増大することがわかる。試験が行われた各孔において、孔の出口直径は一定である。

【0043】

図9b、図9c、及び図9dは円筒形の孔に関し、即ち孔テーパ = 0 である。図9bは、孔の内部の内部圧力場を示す。図9bの最も左側の領域は、噴射ノズルのボア内の圧力であり、テーパ = 0 設計について、ノズル孔への入口のところで、圧力が突如大幅に低下することがわかる。

30

【0044】

図9c及び図9dは、孔の内部速度場を示す。図9cは、孔の軸線に沿った速度場を示す。図9dは、孔出口を通る断面に亘る速度場を示す。図9c及び図9dから、孔入口のところで流体の最大速度が生じることがわかる。最大速度は、孔の軸線の周囲に集中する。速度は、孔の壁に向かって比較的低い値に低下する。

【0045】

図9e、図9f、及び図9gは、現在周知のノズル構成、即ち孔テーパ = $10 \mu\text{m} / \text{mm}$ 乃至 $25 \mu\text{m} / \text{mm}$ 、によるテーパノズル孔に関する。図9eは、この孔構成についての孔の内部の内部圧力場を示す。孔の内部での圧力降下は、円筒形孔形状についての圧力降下よりも穏やかである。この構成についての速度場を図9fに示す。これは、流れの加速度の変化が円筒形孔構成よりも穏やかであるということを示す。しかしながら図9gからわかるように、出口での速度場は孔の軸線の周囲に依然として集中している。

40

【0046】

図9h、図9i、及び図9jは、本発明の一実施例による、即ち孔テーパ = $90 \mu\text{m} / \text{mm}$ (この例では、孔の長さ = 0.6 mm) のテーパノズル孔に関する。図9hでは、本発明の一実施例によるノズル構成は、圧力がノズル孔の全長に沿って徐々に低下することがわかる。更に、図9iからわかるように、流体の速度は孔出口に向かって加速する。図

50

9 j から、出口断面の境界層が上掲の二つの孔形状よりも遥かに薄いということがわかる。これにより、孔を出る流体の平均速度が、上掲の二つの孔形状と比較して上昇するという効果が得られる。

【0047】

図10 a、図10 b、及び図10 c は、図9 から得られたデータをプロットしたグラフとして示す。図10 a は、孔の軸線に沿った圧力降下が、本発明の一実施例に従って設計した孔（図10 a において、「本発明の設計と表記した」）では、比較的緩やかであるということを示す。

【0048】

図10 b は、円筒形状及び現在の基準孔形状について、孔入口の初期加速度の後、長期間に亘り、流体の速度がほぼ一定であることを示す。これとは対照的に、本発明の一実施例による形状では、孔の全長に沿って加速度が徐々に変化する。

10

【0049】

図10 c は、本発明の一実施例による孔形状では、孔出口における流体速度が比較的均一であるということを示す。

図11 a は、孔の内部形状に対する流出係数の（基準形状と比較した）改善のプロットを示す。長さ0.6 mm のノズル孔についての第1プロット及び長さ1.2 mm のノズル孔についての第2プロットの二つの別々のプロットが示してある。

【0050】

現在周知の生産設計による孔のテーパ値では、孔の長さがノズルの性能に大きく影響するということがわかる。しかしながら、比較的高い $| (dD/dx) |$ の値（即ち、本発明の一実施例による値）では、孔の長さの重要性は低下し、ノズル性能は、約 $80 \mu\text{m}/\text{mm}$ の値から、ノズル孔の長さとは無関係になることが明らかである。

20

【0051】

図11 b は、入口に丸みが付いてない孔及び入口に丸みを付けた孔についての孔形状に対する流出係数のプロットである。比較的低い孔テーパ値では、孔に丸みを付けることによる効果は、比較的高い孔テーパ値におけるよりも高い。

【0052】

図12 a 乃至図12 f は、周知の孔形状及び本発明の実施例による孔形状についての内部圧力場及び速度場の比較を示す。

30

図12 a 及び図12 b は、 $| (dD/dx) |$ の値が約 $30 \mu\text{m}/\text{mm}$ の孔に関する。圧力が孔の内部で大きく且つ突然低下し、速度場は大きな高速領域を示す。これは、エネルギーの大きな損失につながる。

【0053】

図12 c 乃至図12 f は、 $| (dD/dx) |$ の値が約 $180 \mu\text{m}/\text{mm}$ の二つの孔形状に関する。図12 c 及び図12 d は、孔の軸線に沿って直線状の壁輪郭を持つ孔に関する。図12 e 及び図12 f は、最初は放物線状の輪郭を備えており、次いで実質的に直線状の輪郭になる孔に関する。これらの両方の場合において、 $| (dD/dx) |$ の値は、孔の全断面に沿って、 $180 \mu\text{m}/\text{mm}$ と等しいか或いはそれ以上である。

【0054】

40

図12 c 乃至図12 f に示す二つの孔輪郭は同様の挙動を示し、軸線に沿った孔の実際の輪郭はノズルの性能に影響を及ぼさないということがわかる。これらの両方の場合において、滑らかな流出領域があり、孔出口付近では流体速度が比較的高いということがわかる。

【0055】

図13 a 及び図13 b は、長さが0.6 mm の孔のテーパを $0 \mu\text{m}/\text{mm}$ から $50 \mu\text{m}/\text{mm}$ に増大した効果を示す。図13 a から、孔の内部の速度場がほぼ「U」字形状であることがわかる。これとは対照的に、図13 b では、速度場は、孔の出口のところで比較的均一である。

【0056】

50

図13c及び図13dは、長さが0.9mmの孔についての速度場の同様のプロットを示す。この場合も、テーパを増大した形状は、孔の出口のところでの速度が均等になるという改良を示す。

【0057】

図14a乃至図14fは、燃焼容積内へのスプレー侵入に及ぼされる孔のテーパの効果を示す。図14a、図14b、及び図14cは、円筒形ノズル孔についての三つの異なるクランク角度（上死点前6°、上死点后24°、及び上死点后44°）でのスプレー侵入を示す。スプレーは良好に混合しておらず、特に図14cでは、未使用空気領域がある（図14cにおいて、丸で囲ってある）。

【0058】

図14d、図14e、及び図14fは、テーパが比較的大きい（この例では、テーパは50µm/mmである）ノズル孔についての同じ三つのクランク角度でのスプレー侵入を示す。図14a、図14b、及び図14cの孔設計と比較して、スプレー侵入及び混合が改善されていることがわかる。

【0059】

図15、図16、図17a乃至図17dは、基準孔と高性能孔形状との比較結果を示す。各場合において、基準ノズルは、現在の製造値の限度の設計（例えば、25µm/mm）を備えており、高性能ノズルは約100µm/mmの孔テーパを備えているということに着目されたい。全ての場合において、ノズルは6孔ノズルである。

【0060】

図15は、基準ノズル設計（即ち、周知のノズル設計）及び本発明の実施例によるノズルについての粒状物エミッション及びNOxエミッションの比較を示す。本発明の実施例によるノズルは、粒状物エミッションが、周知の設計と比較して最大40%減少することが示された。

【0061】

図16は、本発明の実施例によるノズルで、周知のノズル孔形状と比較してCO₂エミッションの減少がなされることを示す。

図17a乃至図17dは、全負荷で作動する多気筒エンジンでの本発明の実施例によるノズルの評価を示す。全負荷において、周知のノズル孔設計と比較して全体的な燃焼効率の向上が観察された。同じ出力点で、本発明によるノズル設計を備えたエンジンは、燃料消費量が低く（基準システムと比較して約1.5%向上する）、排煙量が低く（-1FSN）、排気温度が低い（基準システムと比較して約10%低い）。

【0062】

本発明は、コモンレールがエンジンの少なくとも一つのインジェクタに燃料を送出するコモンレールインジェクタ等の燃料インジェクタで実施されることができ、又はエンジンの各インジェクタにそれ自体の専用のポンプが設けられ、及び従って燃料が高圧で供給される電子式ユニットインジェクタ（EUI）で実施されてもよい。本発明は、更に、デュアルコモンレール/EUI機能を持つハイブリッドスキームで実施されてもよい。

【0063】

本発明は、更に、流体が第1容積から第2容積に噴射される任意のシステムで実施されてもよい。

上文中に説明した実施例は、単なる例であって、本発明を限定しようとするものではないということは理解されよう。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲に定義される。更に、上述の実施例は個々に使用されてもよいし、組み合わせて使用されてもよいことは理解されよう。

【符号の説明】

【0064】

- 1 噴射ノズル
- 3 噴射ニードル
- 5 ポア

10

20

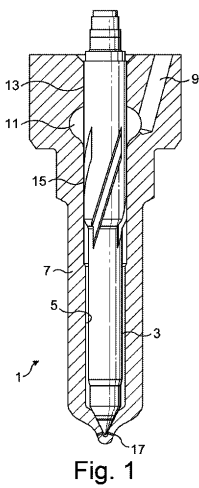
30

40

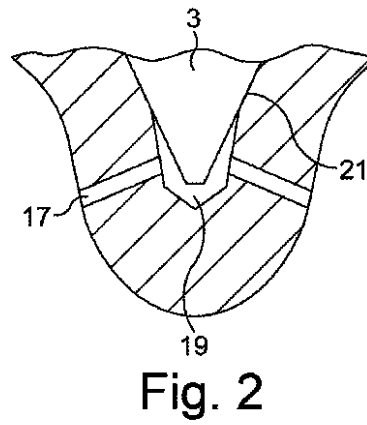
50

- 7 ノズル本体
- 1 1 燃料ギャラリー
- 1 3 上ガイド
- 1 5 下ガイド
- 1 7 噴射孔
- 1 9 ノズルサック
- 2 1 座
- 2 5 孔入口
- 2 7 孔出口
- 2 9 軸線
- 3 1 壁

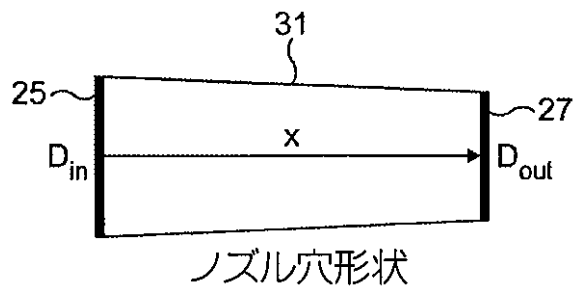
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

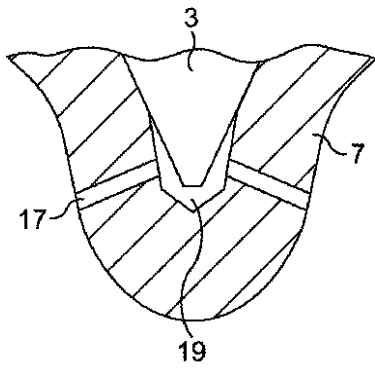


Fig. 4

【図5】

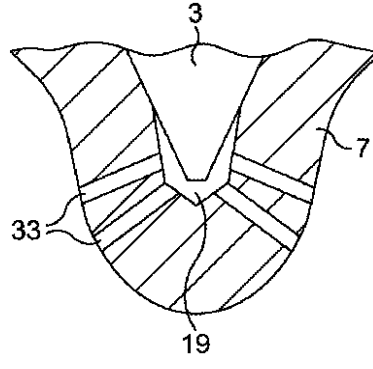
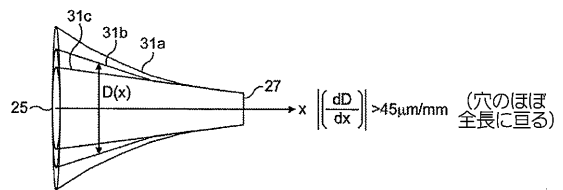
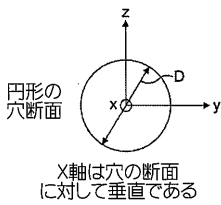


Fig. 5

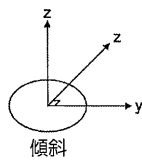
【図6】



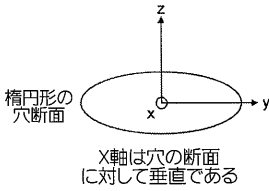
【図7a】



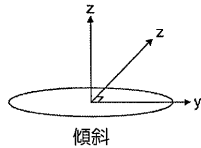
or



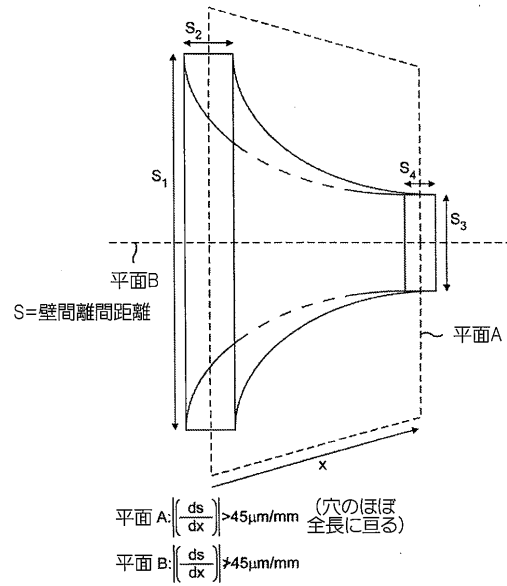
【図7b】



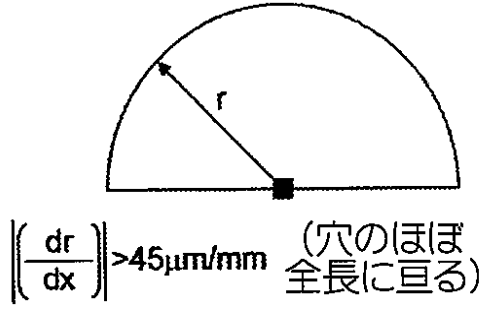
or



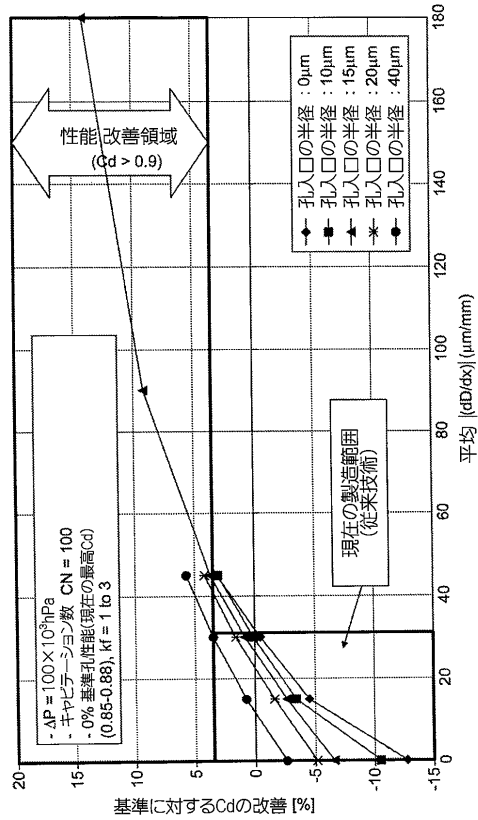
【図7c】



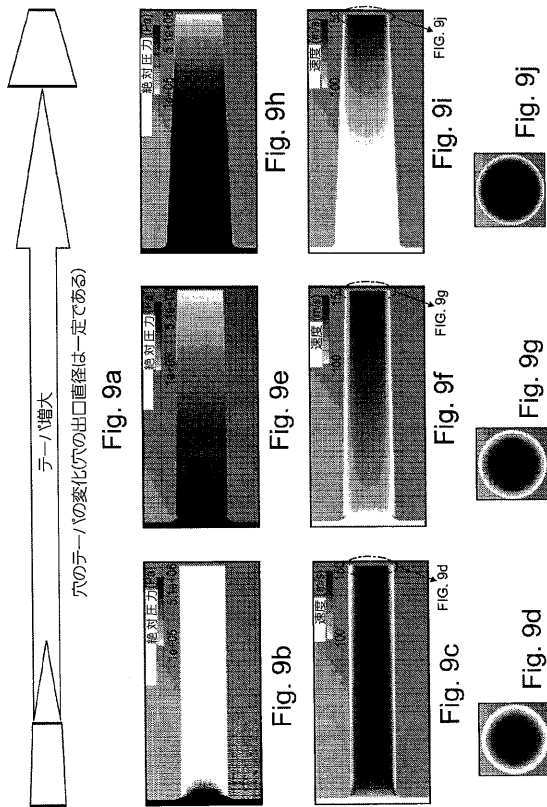
【図7d】



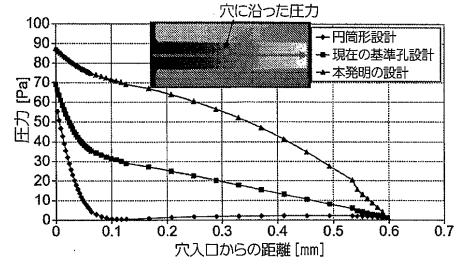
【図8】



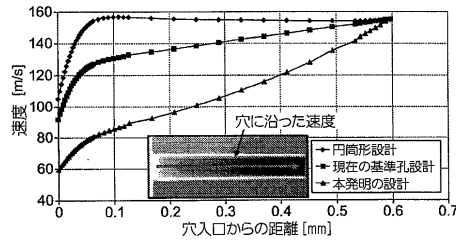
【図9】



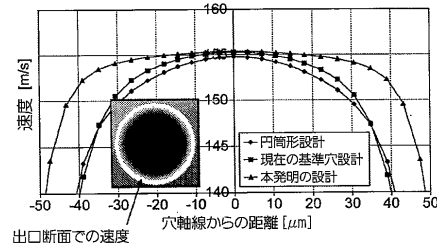
【図10a】



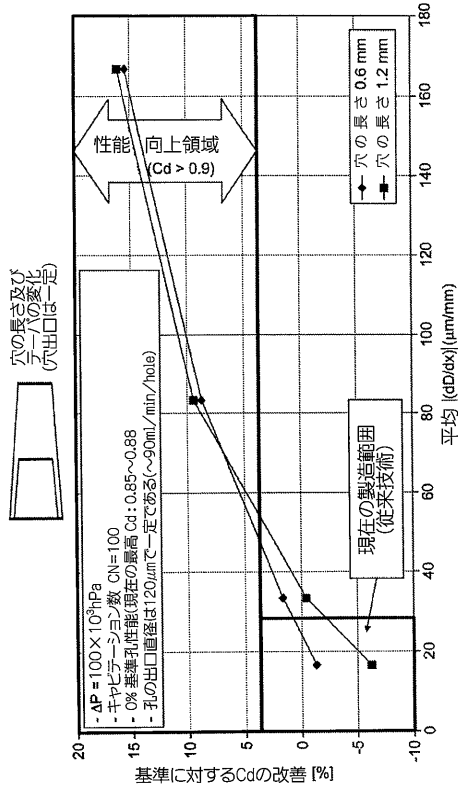
【図10b】



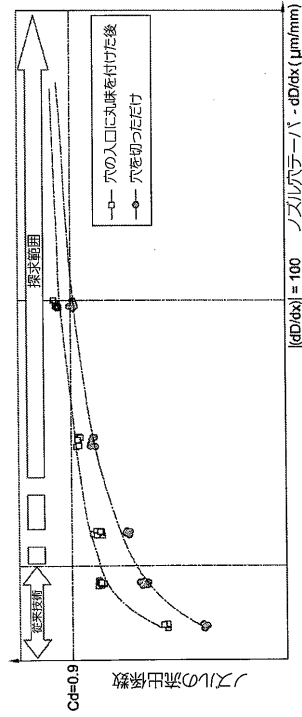
【図10c】



【 図 1 1 a 】



【 図 1 1 b 】



【 図 1 2 】

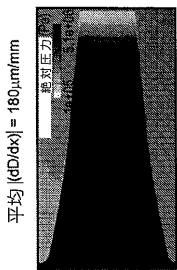


Fig. 12a

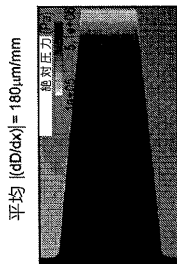


Fig. 12c



Fig. 12e

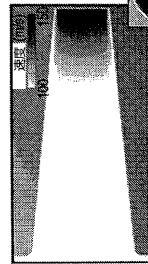


Fig. 12d

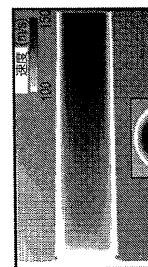


Fig. 12b

【 図 1 3 】

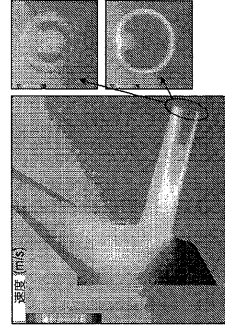


Fig. 13a

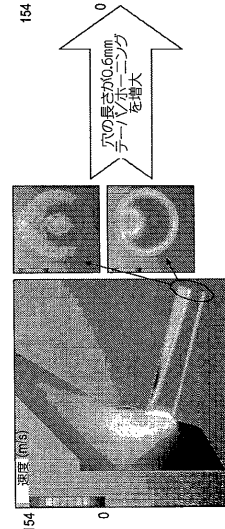


Fig. 13b

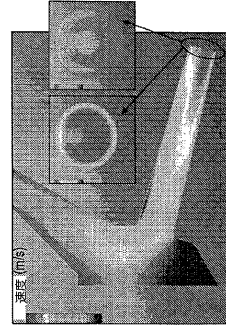


Fig. 13c

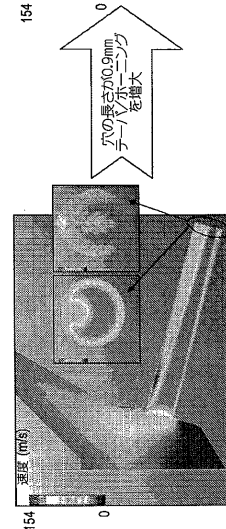
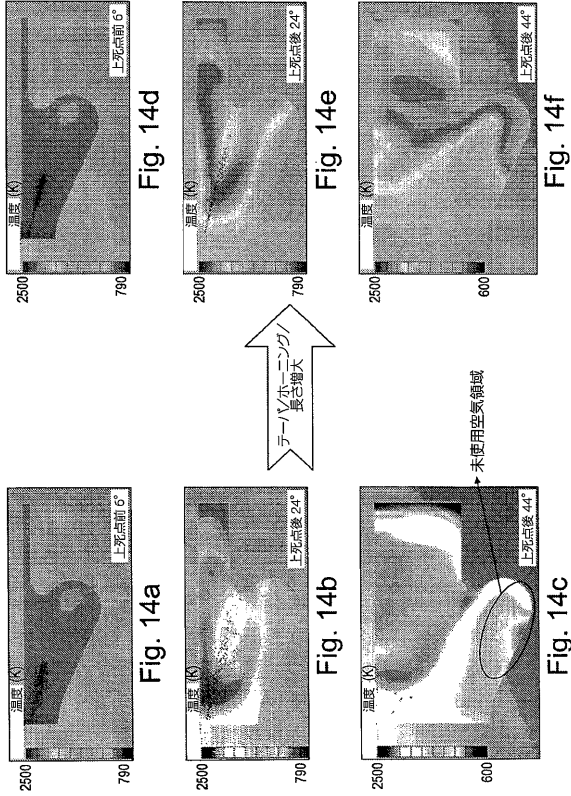
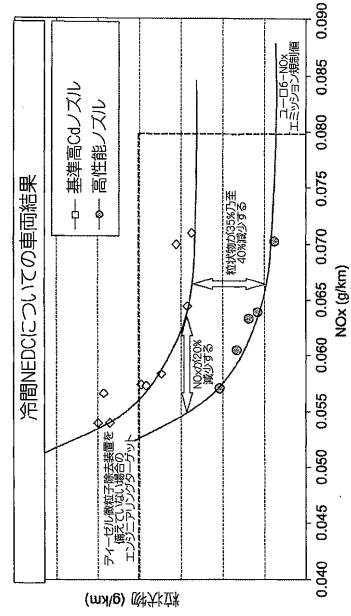


Fig. 13d

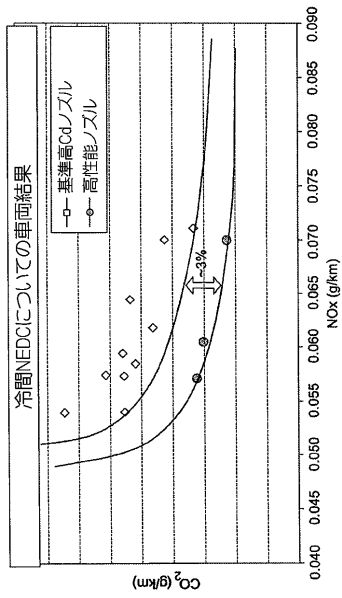
【 図 14 】



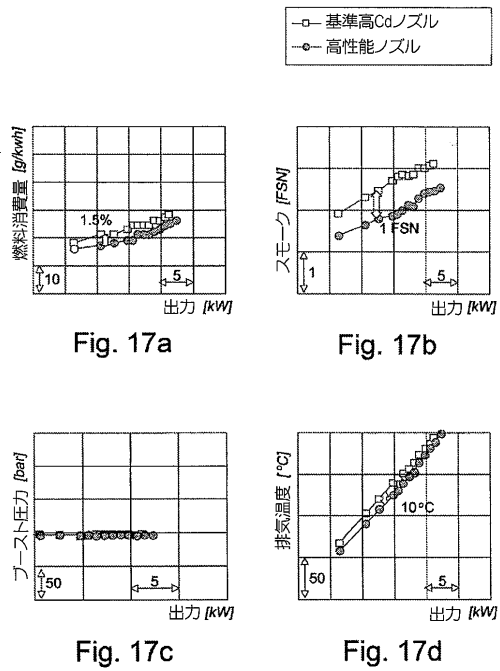
【 図 15 】



【 図 16 】



【 図 17 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ゲラシ,ヌールディン
フランス国 41350 ヴィヌイユ,リュ・フランソワ・ヴィヨン 1
- (72)発明者 ドラデュー,ローラン
フランス国 41190 エルポー,リュ・ドゥ・トゥレーヌ 70
- (72)発明者 ガルシ,クリストフ
フランス国 93150 ル・ブラン-メニル,リュ・ディドゥロ 33
- (72)発明者 ルシュール,シジル
フランス国 41500 クルブゾン,リュ・ボディエール 9

審査官 神山 茂樹

- (56)参考文献 特開平01-300055(JP,A)
特表2004-521266(JP,A)
実用新案登録第2519568(JP,Y2)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
F02M 61/18