

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5083302号  
(P5083302)

(45) 発行日 平成24年11月28日(2012.11.28)

(24) 登録日 平成24年9月14日(2012.9.14)

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| (51) Int.Cl.                   | F 1             |
| <b>F 2 3 R 3/28 (2006.01)</b>  | F 2 3 R 3/28 B  |
| <b>F 2 3 R 3/14 (2006.01)</b>  | F 2 3 R 3/14    |
| <b>F 0 2 C 7/232 (2006.01)</b> | F 2 3 R 3/28 D  |
|                                | F 0 2 C 7/232 B |

請求項の数 2 (全 14 頁)

|            |                                     |           |                   |
|------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号  | 特願2009-282366 (P2009-282366)        | (73) 特許権者 | 000005108         |
| (22) 出願日   | 平成21年12月14日(2009.12.14)             |           | 株式会社日立製作所         |
| (62) 分割の表示 | 特願2004-255050 (P2004-255050)<br>の分割 |           | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| 原出願日       | 平成16年9月2日(2004.9.2)                 | (74) 代理人  | 100100310         |
| (65) 公開番号  | 特開2010-60281 (P2010-60281A)         |           | 弁理士 井上 学          |
| (43) 公開日   | 平成22年3月18日(2010.3.18)               | (72) 発明者  | 吉田 正平             |
| 審査請求日      | 平成21年12月14日(2009.12.14)             |           | 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 |
|            |                                     |           | 株式会社 日立製作所        |
|            |                                     |           | 電力・電機開発研究所内       |
|            |                                     | (72) 発明者  | 平田 義隆             |
|            |                                     |           | 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 |
|            |                                     |           | 株式会社 日立製作所        |
|            |                                     |           | 電力・電機開発研究所内       |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃焼器とガスタービン燃焼器、及び空気を燃焼器に供給する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼用空気と液体燃料ノズルから噴射される液体燃料とを混合して燃焼する燃焼器において、

前記液体燃料ノズルは、前記液体燃料に旋回成分を与えるノズルチップと、該ノズルチップを覆うノズルカバーとを備え、前記液体燃料ノズルの軸方向に沿って前記液体燃料を噴出する出口部を前記ノズルカバーに有する液体燃料ノズルであって、

前記液体燃料ノズルの外周に設けられ、空気の噴出方向が前記液体燃料ノズルの中心軸方向に対して垂直になるよう設けられた噴出孔から前記燃焼用空気の一部を前記液体燃料ノズルの軸心側に噴出する空気ノズルを有し、

前記ノズルカバーに、前記空気ノズルの前記噴出孔から噴出される空気に旋回成分を作らせる旋回器が形成され、

前記出口部は、前記液体燃料ノズルの中心軸方向について、前記旋回器の軸心の延長線の位置まで下流側に突き出るように形成され、

前記液体燃料ノズルの軸心線に沿った側断面において、前記ノズルカバーの下流側の壁面は、前記旋回器の出口から前記出口部に至る滑らかな曲線で形成されている

ことを特徴とする燃焼器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃焼器であって、

前記ノズルカバーの下流側の壁面は、前記液体燃料ノズルの最外周側において前記液体

燃料ノズルの軸心線に対して垂直であることを特徴とする燃焼器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼器とガスタービン燃焼器、及び空気を燃焼器に供給する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電力自由化に伴い、近年の発電事業を取巻く環境は、従来の大容量の大型発電所に加え、中小容量の分散電源が普及しつつある。中小容量の発電設備には、燃料の供給が比較的容易な液体燃料を用いることが多い。但し、液体燃料を用いる発電設備の燃焼器では、液体燃料ノズル周辺に液体燃料の未燃分がカーボンとなって堆積し、液体燃料の噴霧や空気の流れを妨げたりする課題が発生する。

10

【0003】

特許文献1では、燃焼バーナの略軸中心に液体燃料ノズル本体が配置されており、液体燃料ノズルの外周側に、液体燃料ノズルの出口部に燃焼用空気を吹付ける空気ノズルが周方向に渡り形成されている。さらに、空気ノズルの下流側には、空気の流れを液体燃料ノズルの出口部に偏向するためのガイドリングが形成されている。液体燃料ノズルに供給された燃料は、液体燃料ノズルの出口部から噴出し、燃焼バーナの旋回器からの燃焼用空気と混合し燃焼する。特許文献1の燃焼バーナでは、空気ノズルから噴出される空気流によって出口部からの燃料液滴がノズル端面に付着することを防止する効果を有し、さらに、ガイドリングを設置することによってその効果を増大させている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2000-39148号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、液体燃料ノズルと空気ノズルは、燃焼器の運転状態に応じて両者の構成部材に熱伸びが生じる。そのため、液体燃料ノズル出口部と空気ノズル噴出孔との位置関係が一定ではない。したがって、液体燃料ノズルと空気ノズルの位置関係によっては、空気ノズルから噴出する空気流の作用によって、空気ノズルの出口領域や空気ノズルが形成されていない領域などの滞留域に、液体燃料ノズルの出口部から噴出された一部の微小液滴を液体燃料ノズルの出口部外周に衝突させるような循環流が発生する。この循環流に随伴されて液体燃料ノズルの出口部外周に衝突し付着した液体燃料は未燃分カーボンとなり、未燃分カーボンが堆積する。この未燃分カーボンの堆積量が増加すると、空気ノズルから噴出する空気流を妨げたり、液体燃料ノズルの噴出特性が悪化して燃焼性能が低下する可能性があった。

30

【0006】

そこで本発明は、燃焼器の運転状態に関わらず、液体燃料ノズルの出口部外周側への未燃分カーボンの付着を抑制することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明は、燃焼用空気と液体燃料ノズルから噴射される液体燃料とを混合して燃焼する燃焼器において、前記液体燃料ノズルは、前記液体燃料に旋回成分を与えるノズルチップと、該ノズルチップを覆うノズルカバーとを備え、前記液体燃料ノズルの軸方向に沿って前記液体燃料を噴出する出口部を前記ノズルカバーに有する液体燃料ノズルであって、前記液体燃料ノズルの外周に設けられ、空気の噴出方向が前記液体燃料ノズルの中心軸方向に対して垂直になるよう設けられた噴出孔から前記燃焼用空

50

気の一部を前記液体燃料ノズルの軸心側に噴出する空気ノズルを有し、前記ノズルカバーに、前記空気ノズルの前記噴出孔から噴出される空気に旋回成分を作用させる旋回器が形成され、前記出口部は、前記液体燃料ノズルの中心軸方向について、前記旋回器の軸心の延長線の位置まで下流側に突き出るように形成され、前記液体燃料ノズルの軸心線に沿った側断面において、前記ノズルカバーの下流側の壁面は、前記旋回器の出口から前記出口部に至る滑らかな曲線で形成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、燃焼器の運転状態に関わらず、液体燃料ノズルの出口部外周側への未燃分カーボンの付着を抑制することが可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例1の燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

【図2】実施例1におけるガスタービン燃焼器の構成を側断面図及びガスタービンプラントの全体構成を概略的に示す概略構成図である。

【図3】ガスタービンの定格負荷時における燃焼バーナの詳細構造を示す。

【図4】ガスタービン起動時における燃焼バーナの詳細構造を示す。

【図5】実施例2の燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

【図6】図5のノズルカバー53を燃焼器下流側から見た部分拡大図である。

【図7】実施例3の燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

20

【図8】実施例4の燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

【図9】実施例5の燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

前述のように、燃焼バーナに設けられた液体燃料ノズルと空気ノズルは、燃焼器の運転状態に応じて両者の構成部材に熱伸びが生じる。そして、燃焼バーナの使用用途の一つであるガスタービン燃焼器の燃焼バーナでは、ガスタービン起動から定格負荷までの広い運転条件で使用され、様々な圧力、温度環境に曝される。そのため、ガスタービンの運転条件によって、燃焼バーナや液体燃料ノズル等の構成部品に特に熱伸びが生じやすい。

【0011】

30

図2は、ガスタービン燃焼器の構成を側断面図で示すと共に、ガスタービン燃焼器を備えるガスタービンプラントの全体構成図である。図2に示すように、ガスタービンプラントは、主として、空気を圧縮して高圧の燃焼用空気を生成する圧縮機1と、この圧縮機1から導入される燃焼用空気と燃料とを混合して燃焼ガスを生成する燃焼器3と、この燃焼器3で生成された燃焼ガスを供給するタービン2とを備える。なお、圧縮機1とタービン2とは、一つの回転軸で連結されている。

【0012】

上記の燃焼器3は、液体燃料を下流側の燃焼室6に噴出させる液体燃料ノズル4と、液体燃料ノズル4の外周側から燃焼用空気を噴出する空気ノズル15と、燃焼用空気と燃料とを混合する燃焼バーナ5と、液体燃料と燃焼用空気とを混合燃焼して燃焼ガスを生成する燃焼室6と、この燃焼室6を内部に形成する内筒7と、この内筒7からの燃焼ガスをタービン2に導くトランジションピース8と、これらの燃焼バーナ5、内筒7、及びトランジションピース8を内部に収納し密閉する外筒9と閉止板10、そして、この外筒9に支持され、燃焼室6内で混合ガスを点火させる点火栓11と、液体燃料ノズル4に液体燃料を供給する手段である液体燃料供給系12を備える。

40

【0013】

燃焼器では、圧縮機1が生成した圧縮空気である燃焼用空気は、図2の矢印100に示すように燃焼バーナ5から導入され燃料と混合されて混合ガスを生成する。この混合ガスが、点火栓11により燃焼室6内で点火されて燃焼する。燃焼によって生成した燃焼ガスが、図2の矢印101に示す方向に流れる。そして、燃焼ガスは、トランジションピース

50

8を介してタービン2に噴射されてタービン2を駆動する。これにより、タービン2に連結された発電機を駆動して発電する。なお、本実施例では燃焼室6の液体燃料ノズル4側を上流側とし、燃焼ガスが流れるタービン2側を下流側とする。

【0014】

ここで、液体燃料を噴出する出口部がノズルカバーから突き出ず、ノズルカバー上にあった場合に、ガスタービンの起動時や定格負荷時の燃焼バーナについて説明する。比較例1として、図3では、ガスタービンの定格負荷時における燃焼バーナの状態を示す。比較例1では、ガスタービン起動時に燃焼バーナ31の空気ノズル35の噴出孔と液体燃料ノズル32の下流端面43に距離L1が形成されないように構成した。

【0015】

一般に、液体燃料の温度は20～30であり、圧縮された高温の燃焼用空気に比べ低温状態にある。なお、燃焼用空気の温度は、380～390である。そのため、液体燃料が供給される液体燃料ノズル32の構成部品は、燃焼用空気温度に比べ低温状態になる。一方、空気ノズル35が形成された燃焼バーナ5の構成部品は、高温の燃焼用空気に曝されるため、液体燃料ノズル32の構成部品に比べ高温状態となる。このため、燃焼器上流側の閉止板10に支持された燃焼バーナ31を構成する空気ノズル35と液体燃料ノズル32には、熱膨張によって燃焼器の下流側に伸びる作用が働く。但し、両者は温度差によって液体燃料ノズル軸方向の伸び量が異なる。また、燃焼バーナ31と液体燃料ノズル32は、燃焼器上流側の閉止板10で固定されているが、閉止板10以外の個所は固定されていない。そのため、液体燃料ノズル32は燃焼バーナ31の空気ノズル35に対して、液体燃料ノズルの軸方向に移動可能に構成されている。したがって、ガスタービンの定格負荷時には、熱伸びによって液体燃料ノズル32の下流端面43と燃焼バーナ31の空気ノズル35噴出孔に距離L1が形成される。その結果、液体燃料ノズル32の下流端面43と、空気ノズル35噴出孔の旋回器と、ガイドリング36で囲まれた空間には滞留域が形成される。

【0016】

この滞留域には、空気ノズル35から噴出した空気流によって循環流が発生する。そのため、液体燃料を噴出する出口部33がノズルカバーから突き出ず、液体燃料ノズル32の下流端面43上に形成された場合、出口部33から噴出した液体燃料の微小液滴は、空気ノズル35の出口近傍領域39、40の出口部外周に衝突して付着し、未燃分カーボン42が堆積する。

【0017】

次に、比較例2として、定格負荷時において燃焼バーナ31の空気ノズル35と液体燃料ノズル32の下流端面43に、図3の距離L1が形成されないように、液体燃料ノズル31を予め距離L2だけ下流側に突出して配置した例である。図4は、ガスタービン起動時における燃焼バーナの状態を示す。比較例2では、定格運転時は滞留域が発生しないため、未燃分コーキングの発生を抑制できる。但し、ガスタービン起動時や低負荷時には、空気ノズル35から噴出した空気が液体燃料ノズル32に衝突し、そのエッジ部分には剥離渦44が発生する。この剥離渦44に出口部33から噴出した微小液滴が随伴し、液体燃料ノズルの下流端面43に衝突して付着し、未燃分コーキングが発生する。

【0018】

このように、各構成部品の熱伸び量の差が、液体燃料ノズルの出口部周辺に液体燃料を衝突させる滞留域を形成させ、未燃分カーボンの堆積量が増加する。しかし、燃焼バーナと液体燃料ノズルの位置関係を全ての運転条件において理想的な配置にすることは不可能であるため、全ての運転条件で未燃分コーキングの発生を抑制することが困難であった。また、空気ノズルの噴出孔の一部が塞がれると、空気の流れが変化して新たな循環流が形成され、未燃分カーボンの堆積を助長させる。そして、液体燃料ノズルの出口部やその周辺に堆積した未燃分カーボンによって、液体燃料ノズルの噴出特性が悪化して燃焼性能に影響を与える。

【0019】

そこで、以下の実施例では、ガスタービン燃焼器に適用した燃焼バーナ構造について説明する。

【実施例 1】

【0020】

図 1 は、液体燃料ノズル 4 と燃焼バーナ 5 の詳細構造を表す側断面図である。図 1 に示すように、燃焼バーナ 5 には、燃焼室 6 に供給する燃焼用空気に旋回成分を作用させる旋回器 13 と、液体燃料ノズル 4 の出口部に燃焼用空気の一部を吹付ける空気ノズル 15 が設けられている。空気ノズル 15 から噴出する燃焼用空気には、液体燃料ノズルの中心軸周りに旋回成分が作用するように空気ノズル 15 出口の噴出孔に旋回器 16 が配置されている。また、空気ノズル 15 の空気噴出方向は液体燃料ノズル 4 の軸心側に向けた構造であり、本実施例では、空気ノズルの空気噴出方向が液体燃料ノズル 4 の中心軸に対してほぼ垂直に形成されている。そして、旋回器 16 の下流側には環状のガイドリング 17 が設置され、ガイドリング 17 の中央部は、液体燃料ノズル 4 から噴出した燃料が燃焼室 6 に噴出されるように開口している。

10

【0021】

液体燃料ノズル 4 は、液体燃料に旋回成分を作用させる渦巻室 19 を形成したノズルチップ 20 と、ノズルチップ 20 を覆うノズルカバー 18 と、ノズルスティ 21 で構成された、いわゆる圧力式渦巻噴霧ノズルを用いたノズル構造である。そして、液体燃料ノズル 4 の出口部は燃焼室 6 の入側に形成されたノズルカバー 18 の一部であり、ノズルチップ 20 の渦巻室 19 下流側と連通する液体燃料の出口部 14 がノズルカバー 18 の下流端壁 22 から突き出て形成されている。具体的には、出口部 14 は、燃焼室 6 の入側面に形成されたノズルカバー 18 の下流端壁 22 より、液体燃料ノズル軸方向の下流側に所望の距離だけ離れて形成された噴出孔である。そして、液体燃料ノズルの出口部 14 の外周側に液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間が形成されている。

20

【0022】

本実施例の出口部 14 は、ガスタービンの起動時において、空気ノズル 15 の出口に配置した旋回器 16 の軸中心位置（図 1 の一点鎖線）まで突出するように構成されている。即ち、空気ノズル 15 の略軸心の延長線と交差する位置に液体燃料ノズル 4 の噴出孔である出口部を設けている。

【0023】

次に、実施例 1 により得られる作用・効果について説明する。

30

【0024】

本実施例では、空気ノズルの空気噴出方向が液体燃料ノズルの軸心側に向かうよう空気ノズルを設置し、液体燃料ノズルから燃焼室に燃料を噴出する出口部の外周側で、液体燃料の噴出方向に対して逆方向である上流方向に空間を形成させているため、燃焼器の運転状態に関わらず、液体燃料ノズルの出口部外周に付着する未燃分カーボンの発生を抑制することが可能である。具体的には、液体燃料ノズル 4 が燃料を噴出する出口部と出口部外周側とは、液体燃料ノズルの軸方向において高低差を設けている。そのため、出口部の外周側を取り囲むように環状の空間が形成され、この空間へ空気ノズル 15 から燃焼用空気が供給される。

40

【0025】

そして、図 1 のように、本実施例では、ガスタービンの起動時において、液体燃料ノズル 4 の下流端面 22 と燃焼バーナ 5 の空気ノズル噴出孔に設けられた旋回器 16 との間に滞留域が形成されないように、液体燃料ノズル 4 を配置している。即ち、液体燃料ノズルの軸方向において、液体燃料ノズル 4 の出口部外周側である下流端面 22 の位置と、空気ノズル 15 噴出孔の上流側端面 102 の位置とをほぼ一致させている。なお、液体燃料ノズル 4 の下流端面 22 の位置と、空気ノズル 15 噴出孔の上流側端面 102 の位置とは、空気ノズル 15 が噴出した空気によって出口部の外周側に循環流や剥離渦が生じない程度であればよい。そして、液体燃料ノズルの出口部外周側に、液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成することで、空気ノズル 15 から噴出した燃焼用空気は、その空間

50

部で液体燃料ノズルの軸中心回りに旋回する。燃焼用空気は空間部の壁面に沿うように旋回するため、出口部の外周側（空間部）に液体燃料の液滴が付着することを抑制可能である。

【0026】

また、液体燃料ノズルの出口部外周は液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成しているため、出口部と出口部外周側では段差を有し、平面形状ではない。具体的には、出口部外周側の下流側端面が出口部に対してへこんだ形状である。このように、出口部は下流側端面から任意の距離だけ離れているため、出口部から噴出した液滴が下流側端面に流れることを抑制している。したがって、出口部の外周側に液体燃料の液滴が付着して未燃分コーキングが発生することを抑制可能である。

10

【0027】

次に、ガスタービンの定格運転時においては、燃焼バーナ5と液体燃料ノズル4の熱伸び差によって滞留域が形成され循環流が発生する。具体的には、図3のように、液体燃料ノズルの軸方向において、液体燃料ノズル4より燃焼バーナ5の方が下流側に熱伸びする。そのため、空気ノズル15から噴出した燃焼用空気によって液体燃料ノズルの出口部周辺（外周側）には滞留域が形成される。この滞留域の中では、燃焼用空気が出口部外周の下流端面22にぶつかる循環流が生じる。そこで、本実施例では、液体燃料ノズルの出口部外周側に、液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成することで、液体燃料ノズルの下流端面22より所望の距離だけ下流側に離れた位置に、液体燃料ノズル4の出口部14が突出して構成されている。このように、液体燃料ノズルの出口部外周側に液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を設けることで、窪んだ空間内に燃焼用空気による循環流が形成される。そのため、循環流よりも下流側に液体燃料ノズルの出口部が配置され、燃料液滴が滞留域内の循環流へ随伴してしまうことを低減可能である。以上より、液体燃料ノズル出口部の外周側に液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成しておくことで、ガスタービンの定格運転時においても、出口部外周に未燃分コーキングの発生を抑制することが可能であり、燃焼器の燃焼安定性を維持することが出来る。

20

【0028】

さらに、本実施例では、空気ノズル15の空気噴出方向の延長線上に液体燃料ノズル4の出口部14を配置するために、空気ノズル15の略軸心の延長線と交差する位置に液体燃料ノズル4の出口部を設けている。このように、旋回器16から噴出する空気の主流部分が液体燃料ノズル4の出口部14を流れるため、出口部14から噴出した燃料液滴は、旋回器16から噴出した空気流のせん断力によって微粒化される。したがって、液体燃料ノズル4の出口部14の位置は、旋回器16から噴出した空気流のせん断力によって燃料液滴の微粒化が期待できる位置であればよい。このように、燃料液滴の微粒化が促進されると、燃焼器点火時の点火特性が向上し、点火時の白煙の発生を抑制する。また、液体燃料と燃焼用空気との混合を促進し、黒煙の発生を低減する効果が期待でき、燃焼器の燃焼性能を向上することが可能となる。

30

【0029】

また、本実施例では空気ノズル15が噴出する燃焼用空気には、燃焼バーナ5の旋回器13に供給する燃焼用空気量の1%程度を供給することが望ましい。このように、空気ノズル15に供給する燃焼用空気量を低く抑えることで、旋回器13に供給する燃焼用空気量を十分に取ることが出来る。

40

【0030】

また、本実施例では、液体燃料ノズル4は、液体燃料に旋回成分を作用させる渦巻室19を形成したノズルチップ20、ノズルチップ20を覆うノズルカバー18、ノズルスティ21で構成された、いわゆる圧力式渦巻噴霧ノズルを用いたノズル構造である。液体燃料の噴出に空気を用いないことで、空気供給系統が不要となる。

【0031】

更に、本実施例では、燃料ノズル下流端22の軸中心部における1箇所に、液体燃料ノズル4の出口部14を下流側に突き出して配置した。仮に、燃料ノズル下流端22に出口

50

部 1 4 が複数個形成された場合、燃焼室半径方向の燃料噴出量を均一にすることは非常に困難である。また、出口部 1 4 の個数を増加させると、液体燃料が低流量の時（低供給圧力時）に出口部 1 4 から噴出する燃料流量に偏差が生じ、燃焼室 6 半径方向の燃料噴出量を均一にすることが困難である。更に、燃料噴出量を均一にするため、出口部 1 4 の孔径を小さくすると、燃料が孔内部でコーキングする不具合を生じる。これに対して本実施例のように、1 つの出口部 1 4 から、液体燃料ノズルの軸方向に沿って燃料を噴出することで、燃焼室 6 の径方向における燃料噴出量を均一にすることが可能となる。そして、燃焼室 6 内壁のメタル温度が周方向で均一になり（ホットスポットが発生しにくい）信頼性を向上することができる。なお、液体燃料ノズルの出口部から円錐状に噴霧するよう構成すると、燃焼室の径方向における燃料噴出量をより均一にすることが可能である。

10

#### 【実施例 2】

#### 【0032】

次に、実施例 2 のガスタービン燃焼器における燃焼バーナを説明する。本実施例は、液体燃料と気体燃料の何れも燃焼することが可能な燃焼バーナである。図 5 に示すように、燃焼バーナ 4 5 には、燃焼室 6 に供給する燃焼用空気 4 6 に旋回成分を作用させる旋回器 4 7 と、液体燃料ノズル 4 8 の出口部に燃焼用空気の一部を吹付ける空気ノズル 5 9 が設けられ、旋回器 4 7 の軸方向略中央部の側面には気体燃料 5 1 を噴射するガス燃料孔 5 2 が形成されている。液体燃料ノズル 4 8 は、ノズルカバー 5 3 と、ノズルチップ 5 4 と、ノズルスティ 5 5 で構成されたいわゆる圧力式渦巻噴霧ノズルを用いている。そして、本実施例のノズルカバー 5 3 には、燃焼バーナ 4 5 の空気ノズル 5 9 から噴出する空気流に旋回成分を作用させる旋回器 5 6 を形成した。また、燃焼室 6 の入側に形成された液体燃料ノズル 4 8 の出口部外周には壁面 5 7 が形成され、旋回器 5 6 から出口部 4 9 に至る壁面 5 7 は滑らかな曲線で形成されている。本実施例では、液体燃料ノズルの出口部外周側は、壁面 5 7 の旋回器 5 6 近傍に該当する。以上より、本実施例においても、液体燃料ノズルの出口部外周側には壁面 5 7 によって区画された、液体燃料の噴出方向に対して上流方向の空間が形成される。

20

#### 【0033】

次に、上記構成の本実施例におけるガスタービン燃焼器により得られる作用について説明する。

#### 【0034】

前述のように、燃焼バーナ 4 5 と液体燃料ノズル 4 8 間には、ガスタービンの運転状態によって熱伸び差が生じる。そして、液体燃料ノズル 4 8 の出口部周辺に発生する滞留域により、液体燃料ノズルの出口部外周側に未燃分カーボンの堆積量が増加する可能性がある。

30

#### 【0035】

特に、近年は環境負荷低減のため、予混合燃焼を行うことで窒素酸化物（以下、 $\text{NO}_x$  と記載する）の排出量を低減させる傾向にある。しかし、予混合燃焼バーナと共有する拡散燃焼バーナは、拡散燃焼バーナの軸方向長さが長くなるため、燃焼バーナと液体燃料ノズル間の熱伸び差が大きくなる傾向にある。その結果、液体燃料ノズルの出口部外周側の滞留域により液体燃料ノズルに発生する未燃分カーボンが増加する可能性がある。

40

#### 【0036】

しかしながら、実施例 2 によれば、液体燃料ノズル 4 8 のノズルカバー 5 3 に、出口部 4 9 に供給する空気流に旋回成分を作用させる旋回器 5 6 を形成する。即ち、液体燃料ノズル 4 8 の熱伸びに合わせて、旋回器 5 6 も移動する。そのため、燃焼バーナ 4 5 と液体燃料ノズル 4 8 間に熱伸び差が生じて、出口部 4 9 と旋回器 5 6 との位置関係は一定であり、旋回器 5 6 内周部には、熱伸びによる循環流（燃焼器軸方向に旋回する流れ）が発生する滞留域が形成され難い。したがって、液体燃料ノズルの出口部外周側における未燃分カーボンの発生を抑制することが可能である。

#### 【0037】

図 6 は、図 5 のノズルカバー 5 3 を燃焼器下流側から見た部分拡大図である。本実施例

50

によれば、出口部 4 9 周りの 6 箇所の旋回器 5 6 から流入した空気流 4 6 a により旋回流 4 6 b が形成され、出口部外周側である壁面 5 7 への燃料液滴の付着を防止する。しかし、旋回器 5 6 が形成されていない領域には、旋回器 5 6 から噴出した空気流 4 6 a によって、液体燃料ノズルの周方向に旋回する循環流 4 6 c , 4 6 d が発生する可能性がある。そこで、本実施例では、液体燃料ノズル 4 8 の出口部 4 9 の外周側に、液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成することで、液体燃料ノズル 4 8 の出口部が出口部外周より所望の距離だけ下流側に離れた位置に形成されている。そのため、ノズルカバー 5 3 の下流側に形成された内周壁 5 8 や壁面 5 7 に燃料液滴が衝突して付着し、未燃分コーキングが発生することを抑制することが可能である。具体的には、液体燃料ノズル 4 8 の出口部 4 9 が、循環流 4 6 c , 4 6 d が発生する領域より下流側に突出て構成されている。

10

#### 【 0 0 3 8 】

さらに、ノズルカバー 5 3 下流側の壁面 5 7 は、旋回器 5 6 の出口から出口部 4 9 に至るまで滑らかな曲線で形成されている。したがって、出口部 4 9 の外周側に循環流が発生しにくいいため、未燃分コーキングの発生を抑制することが可能である。

#### 【 0 0 3 9 】

また、燃焼バーナ 4 5 の一部である空気ノズル 5 9 の噴出孔における燃焼器軸方向の長さは、液体燃料ノズル 4 8 に形成された旋回器 5 6 の軸方向長さよりも長く形成されている。これは、液体燃料ノズル 4 8 と燃焼バーナ 4 5 の熱伸び差を考慮したものである。このように、空気ノズル 5 9 の噴出孔における燃焼器軸方向の長さを設定することで、燃焼バーナ 4 5 と液体燃料ノズル 4 8 の熱伸び差による旋回器 5 6 の閉塞を防ぐことが可能である。そして、ガスタービンの広い運転範囲において、旋回器 5 6 から噴出する空気が、出口部 4 9 から噴出した燃料液滴の微粒化を促進することが可能であり、長期間にわたって燃焼器の燃焼性能を維持することが可能となる。

20

#### 【 0 0 4 0 】

さらに、本実施例では燃焼バーナ 4 5 の旋回器 4 7 の軸方向における略中心部に気体燃料を供給している。そのため、気体燃料のみで本実施例の燃焼バーナを稼動した場合、燃焼器下流側の燃焼室 6 に生成された燃焼ガスにより、上流側の液体燃料ノズル 4 8 の出口部 4 9 が加熱され焼損してしまう可能性がある。しかし、本実施例のように、空気ノズル 5 9 から噴出した空気が液体燃料ノズル 4 8 の出口部に吹き付ける構造にすることで、液体燃料を用いないガス燃焼時においても、ノズルカバー 5 3 に設置した旋回器 5 6 から噴出する空気によって出口部 4 9 が冷却される。したがって、液体燃料ノズル 4 8 の出口部 4 9 が焼損する可能性を低減することが可能である。

30

#### 【実施例 3】

#### 【 0 0 4 1 】

次に、実施例 3 の形態を説明する。図 7 は、燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。

#### 【 0 0 4 2 】

図 7 に示すように、混合室 6 0 を形成する混合室壁 6 1 は燃焼室方向に向かって拡開した中空円錐状の形状をしている。この混合室壁 6 1 の円錐の頂点部分には、混合室壁 6 1 の軸心線とほぼ同軸方向となるように液体燃料を噴出する液体燃料ノズル 6 2 が設けられている。また、混合室壁 6 1 には、その周方向の複数箇所に空気ノズルである空気導入孔 6 3 , 6 4 , 6 5 , 6 6 が形成されている。そして、圧縮機 1 からの燃焼用空気を混合室内 6 0 に導入する空気導入孔 6 3 , 6 4 , 6 5 , 6 6 の配列は、混合室軸方向に複数段（本実施例では 4 段）となるように、軸方向上流側（図 7 の左側）から順に穿設されている。

40

#### 【 0 0 4 3 】

上記の空気導入孔 6 3 , 6 4 , 6 5 , 6 6 は、燃焼用空気の混合室 6 0 への導入角度が混合室壁 6 1 の周方向に向かって偏向するように設けられている。そして、混合室壁 6 1 の外周側には、上記の空気導入孔 6 4 , 6 5 , 6 6 のそれぞれの上流側に、気体燃料を噴出する複数の気体燃料ノズル 6 7 が空気導入孔 6 4 , 6 5 , 6 6 のそれぞれと対向するよ

50



うに設けられている。この気体燃料ノズル 67 は、空気導入孔 64, 65, 66 の軸心線とほぼ同軸方向に気体燃料を噴出できるように構成されている。

【0044】

また、混合室 60 の軸中心において上流側に設置した液体燃料ノズル 62 の出口部 68 は、混合室 60 に設けられた最も上流側の空気導入孔 63 の略軸心の延長線と交差する位置（図 7 の一点鎖線）まで突き出て形成されている。即ち、本実施例では、空気導入孔 63 が液体燃料ノズルの出口部に空気を吹き付ける空気ノズルに該当する。

【0045】

液体燃料の燃焼時、出口部 68 から噴出した燃料液滴は、空気導入孔 63, 64, 65, 66 から流入した燃焼用空気と混合室壁 61 内部で混合し燃焼する。液体燃料ノズル 62 を配置した混合室 60 の上流端部には、ガスタービンの運転条件によって、空気導入孔 63 から流入した空気流により様々な循環流が形成される。そして、液体燃料ノズル 62 の出口部 68 は燃焼室の入側に形成され、出口部 68 の外周側に、液体燃料の噴出方向に対して逆方向である上流方向に空間を形成する。また、循環流の発生する領域より下流側に突き出て形成されている。そのため、液体燃料ノズル 62 から噴出した微小な液滴が循環流に随伴され難くなり、出口部の外周側に未燃分コーキングの発生を抑制することが可能となる。

【0046】

さらに、実施例 1, 2 と同様に、液体燃料ノズル 62 の出口部 68 が空気導入孔 63（空気ノズル）の略軸心の延長線と交差する位置に配置される。そのため、出口部 68 から噴出した燃料液滴は、最も上流側の空気導入孔 68 から噴出した空気流のせん断力によって微粒化された後、その下流の空気導入孔 64, 65, 66 から噴出する空気流によってさらに微粒化が促進される。したがって、燃焼器点火時の点火特性が向上し、点火時の白煙の発生を抑制したり、燃焼用空気との混合が促進され黒煙の発生を低減したりする効果が期待できる。また、燃焼器の燃焼性能を向上することが可能となる。

【0047】

次に、気体燃料の燃焼時、気体燃料ノズル 67 より噴射した気体燃料は、空気導入孔 64, 65, 66 の内部で燃焼用空気と一次混合する。そして、混合室 60 に噴出した際に発生する循環流によって二次混合をして燃焼するため、空気と気体燃料との混合が促進され、NOx 排出量を低減することが可能である。

【0048】

また、空気導入孔 63 には気体燃料が供給されないように構成されている。そのため、気体燃料燃焼時には、空気導入孔 63 から流入した空気によって液体燃料ノズル 62 が冷却され、液体燃料ノズル 62 が焼損する可能性を低減することが可能である。

【実施例 4】

【0049】

次に、実施例 4 を説明する。図 8 は、燃焼バーナの詳細構造を表す側断面図である。図 8 に示すように、本実施例の燃焼バーナ 69 では、混合室壁 70 の拡がり角度を実施例 3 の混合室壁 61 よりも小さくしつつ軸方向長さを長く形成している。そして、空気ノズルである空気導入孔 71, 72, 73 を混合室壁 70 の上流側に集中して設けたものである。これら空気導入孔 71, 72, 73 は、実施例 3 と同様に、燃焼用空気の混合室 74 への導入角度が混合室壁 70 の周方向に向かって偏向するように設けられている。

【0050】

また、混合室 74 の軸中心上流側に設置した液体燃料ノズル 75 の出口部 76 は、混合室 74 に設けられた最も上流側の空気導入孔 71 の略軸心の延長線と交差する位置（図 8 の一点鎖線）に形成されている。したがって、本実施例では空気導入孔 71 が液体燃料ノズルの出口部に空気を吹付ける空気ノズルに該当する。混合室 74 の上流端部には、空気導入孔 71 から流入した空気流によって循環流が形成される。但し、液体燃料ノズル 75 の出口部 76 は、その外周側に液体燃料の噴出方向に対して上流方向に空間を形成しているため、燃焼室に連通する混合室 74 に面した液体燃料ノズル 75 の出口部の外周より下

10

20

30

40

50

流側に離されて配置されている。そのため、出口部 76 は、循環流が発生する上流端部より下流側に突き出て形成され、実施例 3 と同様に未燃分コーキングの発生を抑制することが可能となる。

【0051】

さらに、実施例 3 と同様に、液体燃料ノズル 75 の出口部 76 が空気導入孔 71（空気ノズル）の略軸心の延長線と交差する。そのため、出口部 76 から噴出した燃料液滴は、空気導入孔 71 から噴出した空気流のせん断力によって微粒化された後、その下流の空気導入孔 72, 73 から噴出する空気流によってさらに微粒化が促進される。そして、本実施例のように混合室 45 の軸方向長さを長く形成すると、微粒化した液滴が高温の燃焼用空気によって蒸発、混合し、混合室 74 の下流では予混合燃焼を行うことが可能となる。

10

【0052】

以上より、本実施例によれば液体燃料ノズル 75 の出口部 76 を液体燃料ノズルの軸方向下流側に突き出すことによって、液体燃料ノズル 75 の出口部 76 の外周側に未燃分コーキングの発生を抑制することができる。また、出口部 76 から噴出した燃料液滴は燃焼用空気流のせん断力を利用することによって、微粒化が促進されて蒸発し、予混合燃焼を行うことで NOx 排出量を低減することが可能となる。

【実施例 5】

【0053】

次に、実施例 5 を説明する。実施例 1 乃至 4 では、液体燃料ノズルの出口部に供給する空気として、燃焼用空気の一部を利用していた。しかし、実施例 5 では旋回器 45 に供給する燃焼用空気の一部に加えて、別の空気系統より空気を供給する。図 9 は、実施例 2（図 5）の構成部品に適用したものであり、主要な構成部品は図 5 と同様である。

20

【0054】

実施例 5 では、燃焼バーナ 45 の空気ノズル 59 から噴出する空気流に旋回成分を作用させる旋回器 56 をノズルカバー 53 に形成する。そして、空気ノズル 59 とは別に、噴出空気旋回器 77, 噴出空気流路 78 をノズルカバー 53 に形成し、噴出空気旋回器 77 に噴出空気 79 を供給する噴出空気供給手段である噴出空気供給系 80 を配置したものである。

【0055】

次に、上記構成の実施例 5 により得られる作用について説明する。

30

【0056】

実施例 5 では、実施例 2 で得られる作用に加え、燃焼器の点火時に噴出空気旋回器 77 に燃焼用空気より高圧の噴出空気を供給する。そのため、液体燃料ノズルの出口部 49 や出口部外周側に発生する未燃分カーボンを更に抑制することができる。

【0057】

さらに、噴出空気旋回器 77 から高速に噴出する噴出空気のせん断力によって、出口部 49 から噴出した燃料液滴を微粒化することができる。したがって、空気ノズル 59 からの空気の場合に比べて、燃焼器点火時の点火特性が一層向上し、点火時の白煙の発生を抑制することが可能となる。

【0058】

40

実施例 1 乃至 5 では、液体燃料ノズルに出口部が単一のいわゆる、シンプレックス型圧力式渦巻噴霧ノズルを用いた例について説明した。但し、同心円上に配置された 2 つのオリフィスを組み合わせたデュアルオリフィス型圧力式渦巻噴霧ノズルに本発明を適用しても問題はなく、さらに、圧力式渦巻噴霧ノズル以外の空気噴霧式ノズルなどの液体燃料ノズルにも適用できる。

【産業上の利用可能性】

【0059】

ガスタービン燃焼器のみならず、液体燃料を燃焼する燃焼バーナの燃料ノズル噴出部やその外周側における未燃分コーキング防止対策に広く適用できる。

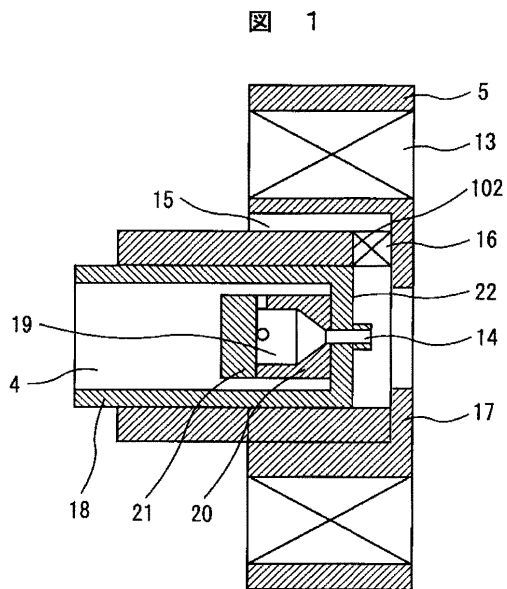
【符号の説明】

50

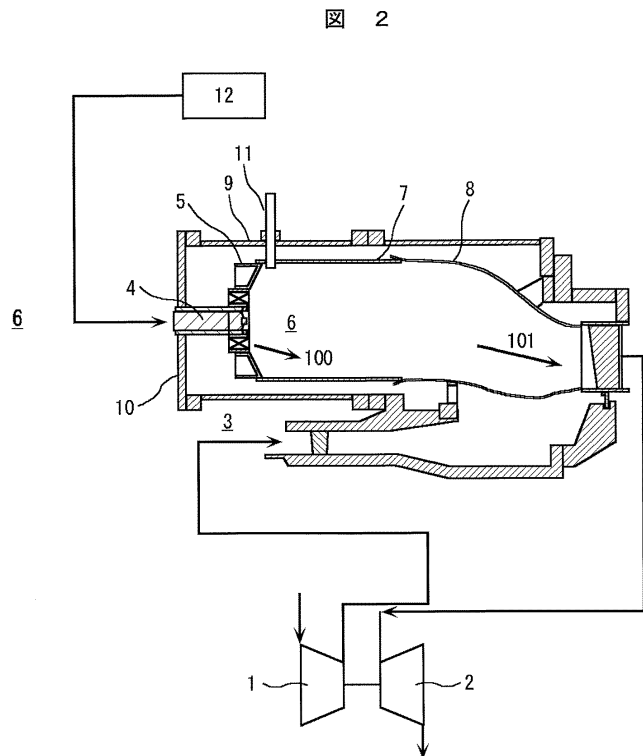
## 【 0 0 6 0 】

1 ... 圧縮機、2 ... タービン、3 ... 燃焼器、4 ... 液体燃料ノズル、5 ... 燃焼バーナ、14 ... 出口部、15 ... 空気ノズル、16, 56 ... 旋回器、52 ... ガス燃料孔、53 ... ノズルカバー、61 ... 混合室壁、64 ... 空気導入孔、67 ... 気体燃料ノズル、77 ... 噴出空気旋回器。

【 図 1 】

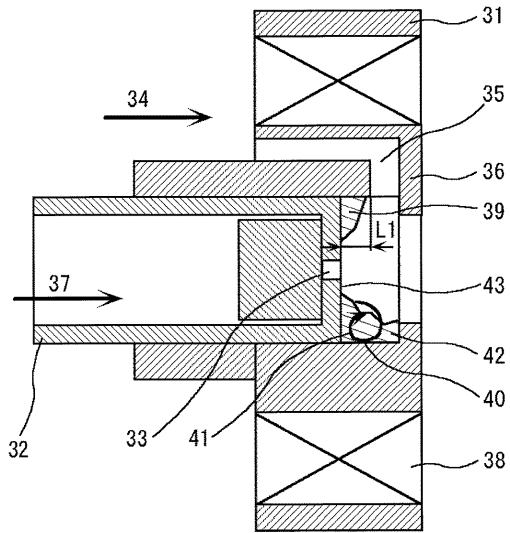


【 図 2 】



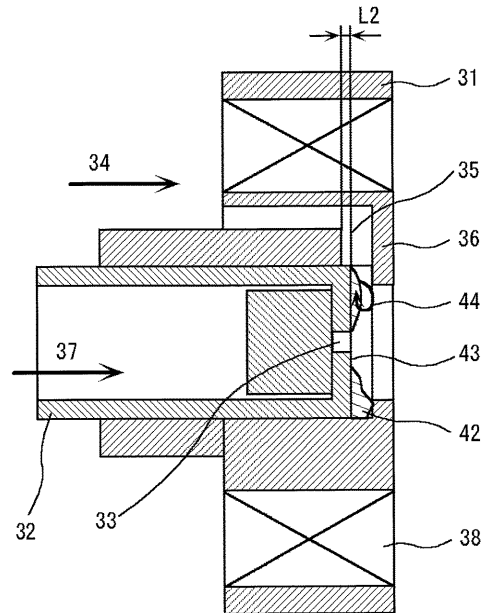
【図 3】

図 3



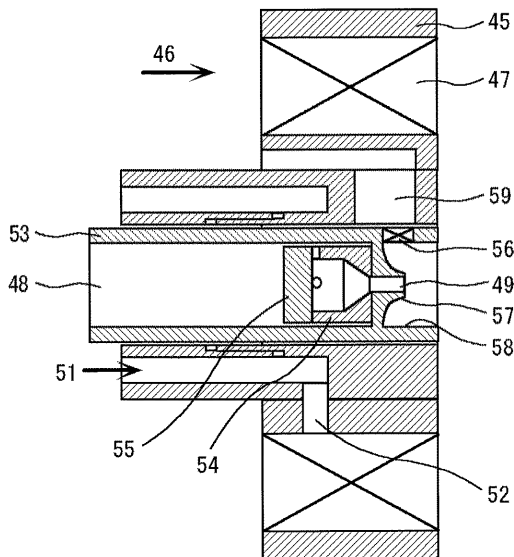
【図 4】

図 4



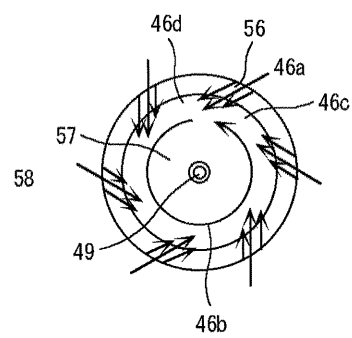
【図 5】

図 5



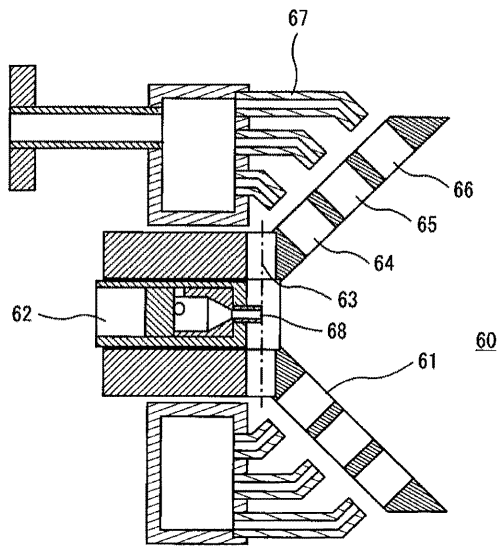
【図 6】

図 6



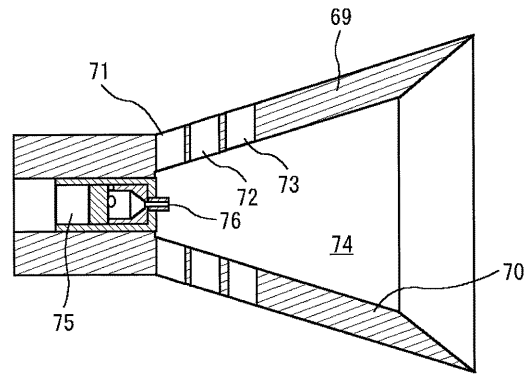
【図 7】

図 7



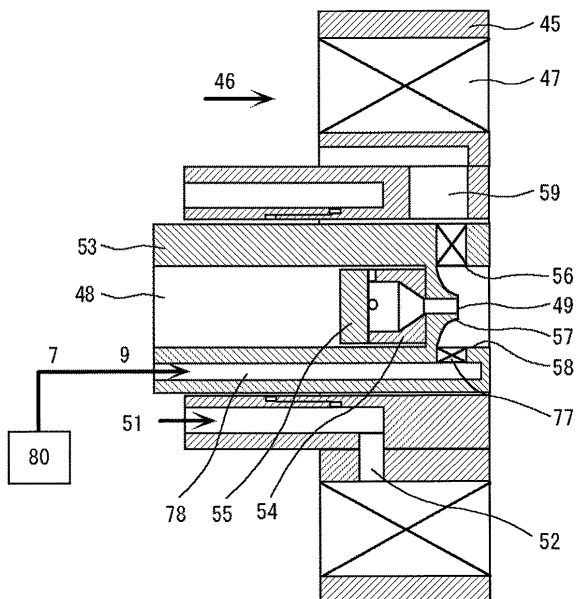
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



## フロントページの続き

- (72)発明者 井上 洋  
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号  
機開発研究所内 株式会社 日立製作所 電力・電
- (72)発明者 室田 知也  
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号  
機開発研究所内 株式会社 日立製作所 電力・電
- (72)発明者 笹尾 俊文  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号  
所内 株式会社 日立製作所 日立事業
- (72)発明者 林 明典  
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号  
機開発研究所内 株式会社 日立製作所 電力・電
- (72)発明者 竹原 勲  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号  
所内 株式会社 日立製作所 日立事業

審査官 後藤 泰輔

- (56)参考文献 特開平06-213454(JP,A)  
特開平10-089688(JP,A)  
特開平10-196952(JP,A)  
特開2003-262337(JP,A)  
特開2000-039148(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F23R 3/14, 3/28  
F02C 7/22 - 7/236