

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7686898号
(P7686898)

(45)発行日 令和7年6月2日(2025.6.2)

(24)登録日 令和7年5月23日(2025.5.23)

(51)国際特許分類	F I	
F 2 3 D 11/10 (2006.01)	F 2 3 D 11/10	C
F 2 3 C 1/00 (2006.01)	F 2 3 C 1/00	3 0 1
F 2 3 C 1/08 (2006.01)	F 2 3 C 1/08	
F 2 3 C 1/10 (2006.01)	F 2 3 C 1/10	
F 2 3 J 15/00 (2006.01)	F 2 3 J 15/00	A
請求項の数 9 (全21頁)		

(21)出願番号	特願2025-25582(P2025-25582)	(73)特許権者	000006208
(22)出願日	令和7年2月20日(2025.2.20)		三菱重工業株式会社
(62)分割の表示	特願2021-146425(P2021-146425)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
)の分割	(74)代理人	110000785
原出願日	令和3年9月8日(2021.9.8)		S S I P弁理士法人
審査請求日	令和7年2月20日(2025.2.20)	(72)発明者	山内 康弘
早期審査対象出願			兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号
			M H Iソリューションテクノロジーズ株式会社内
		(72)発明者	竹井 康裕
			神奈川県横浜市中区錦町12番地 三菱
			重工パワーインダストリー株式会社内
		(72)発明者	大浦 康二
			東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
			三菱重工業株式会社内
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 燃焼システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

火炉壁を含む火炉と、燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルと、燃焼ガス通路とを有するボイラと、
前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、
を備え、
前記噴射ノズルは、前記液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている
ことを特徴とする燃焼システム。

【請求項2】

火炉壁を含む火炉と、燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルを先端部に設けた複数のバーナを有する燃焼装置と、燃焼ガスの熱を回収するための熱交換器を設けた燃焼ガス通路とを有するボイラと、
前記燃焼ガス通路の下流に設けられ、燃焼ガス中の窒素酸化物を除去または低減する脱硝装置と、
を備え、
前記複数のバーナは前記火炉壁に装着されており、
前記燃焼装置は、前記液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている
ことを特徴とする燃焼システム。

【請求項 3】

火炉壁を含む火炉と、燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルと、燃焼ガス通路とを有するボイラと、

前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、
を備え、

前記噴射ノズルは、前記液体アンモニアを水蒸気と混合させて前記火炉の内部に噴射できるように構成されている

ことを特徴とする燃焼システム。

【請求項 4】

火炉壁を含む火炉と、燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルを先端部に設けた複数のバーナを有する燃焼装置と、燃焼ガスの熱を回収するための熱交換器を設けた燃焼ガス通路とを有するボイラと、

前記燃焼ガス通路の下流に設けられ、燃焼ガス中の窒素酸化物を除去または低減する脱硝装置と、

を備え、

前記複数のバーナは前記火炉壁に装着されており、

前記燃焼装置は、前記液体アンモニアを水蒸気と混合させて前記火炉の内部に噴射できるように構成されている

ことを特徴とする燃焼システム。

【請求項 5】

火炉壁を含む火炉と、

石油コークス燃料、その他の石油残渣、重油、軽油、重質油、その他の石油類、工場廃液、石炭、バイオマス燃料、天然ガス、石油ガス、製鉄プロセスで発生する副生ガス、の何れか1つ又はこれらの各種燃料を組み合わせた燃料を前記火炉の内部に噴射する第一噴射ノズルと、

燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する第二噴射ノズルと、

燃焼ガス通路と、

を有するボイラと、

前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、

を備え、

前記第二噴射ノズルは、前記液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている

ことを特徴とする燃焼システム。

【請求項 6】

火炉壁を含む火炉と、

石油コークス燃料、その他の石油残渣、重油、軽油、重質油、その他の石油類、工場廃液、石炭、バイオマス燃料、天然ガス、石油ガス、製鉄プロセスで発生する副生ガス、の何れか1つ又はこれらの各種燃料を組み合わせた燃料を前記火炉の内部に噴射する第一噴射ノズルを先端部に設けた複数の第一バーナを有する第一燃焼装置と、

燃料としての液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する第二噴射ノズルを先端部に設けた複数の第二バーナを有する第二燃焼装置と、

燃焼ガスの熱を回収するための熱交換器を設けた燃焼ガス通路と、

を有するボイラと、

前記燃焼ガス通路の下流に設けられ、燃焼ガス中の窒素酸化物を除去または低減する脱硝装置と、

を備え、

前記複数の第一バーナおよび前記複数の第二バーナは前記火炉壁に装着されており、

前記第二燃焼装置は、前記液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている

ことを特徴とする燃焼システム。

10

20

30

40

50

【請求項 7】

前記噴射ノズルから噴射された液状のアンモニアは、前記火炉の内部でアンモニアガスに気化して燃焼する請求項 1 又は 2 に記載の燃焼システム。

【請求項 8】

前記第二噴射ノズルから噴射された液状のアンモニアは、前記火炉の内部でアンモニアガスに気化して燃焼する請求項 5 又は 6 に記載の燃焼システム。

【請求項 9】

前記脱硝装置の下流に設けられ、燃焼ガス中の硫黄酸化物を除去する脱硫装置を備える、ことを特徴とする請求項 1 ～ 8 の何れか 1 つに記載の燃焼システム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】**【0001】**

本開示は、燃焼システムに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、液体燃料を蒸気で微粒化して噴射する 2 流体噴射ノズルが知られている。例えば、特許文献 1 では、液体燃料として油が用いられており、2 流体噴射ノズルの先端部で油と蒸気が混合されて噴射される。

【先行技術文献】**【特許文献】**

20

【0003】

【文献】実願昭 59 - 007564 号（実全昭 60 - 122623 号）のマイクロフィルム

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

本開示の目的は、液体アンモニアを燃料とすることが可能なボイラを備える燃焼システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0005】**

本開示の少なくとも一実施形態に係る燃焼システムは、
火炉壁を含む火炉と、液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルと、燃焼ガス通路とを有するボイラと、
前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、
を備え、

30

前記噴射ノズルは、液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている。

【0006】

本開示の少なくとも一実施形態に係る燃焼システムは、
火炉壁を含む火炉と、液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する噴射ノズルと、燃焼ガス通路とを有するボイラと、
前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、
を備え、

40

前記噴射ノズルは、液体アンモニアを水蒸気と混合させて前記火炉の内部に噴射できるように構成されている。

【0007】

本開示の少なくとも一実施形態に係る燃焼システムは、
火炉壁を含む火炉と、
石油コークス燃料、その他の石油残渣、重油、軽油、重質油、その他の石油類、工場廃液、石炭、バイオマス燃料、天然ガス、石油ガス、製鉄プロセスで発生する副生ガス、の何れか 1 つ又はこれらの各種燃料を組み合わせた燃料を前記火炉の内部に噴射する第一噴

50

射ノズルと、

液体アンモニアを前記火炉の内部に噴射する第二噴射ノズルと、

燃焼ガス通路と、

を有するボイラと、

前記燃焼ガス通路の下流に設けられた脱硝装置と、

を備え、

前記第二噴射ノズルは、液体アンモニアを液状のまま微粒化して前記火炉の内部に噴射できるように構成されている。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、液体アンモニアを燃料とすることができる燃焼システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本開示の一実施形態に係る燃焼システムの概略的な構成図である。

【図2】本開示の一実施形態に係る供給ユニットの概念的な構成図である。

【図3】本開示の一実施形態に係る2流体噴射ノズルから噴射される液化燃料の流量と液化燃料の供給圧力との関係を概念的に示すグラフである。

【図4】本開示の一実施形態に係るバーナの概略的な構成図である。

【図5】本開示の一実施形態に係る液化燃料の供給圧力と噴射流量との関係を概念的に示すグラフである。

【図6】本開示の一実施形態に係る2流体噴射ノズルの概略的な説明図である。

【図7】本開示の一実施形態に係るバックプレートの概略的な説明図である。

【図8】本開示の一実施形態に係る液化燃料とアトマイズ流体を供給する方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に、本開示に係る一実施形態について、図面を参照して説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせるものも含むものである。以降の説明で、上や上方とは鉛直方向上側を示し、下や下方とは鉛直方向下側を示すものであり、鉛直方向は厳密ではなく誤差を含むものである。

また、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本開示の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

なお、同様の構成については同じ符号を付し説明を省略することがある。

【0011】

< 1. 燃焼システム1の全体的な構成 >

図1は、本実施形態の固体燃料と液化燃料を主燃料とするボイラを備える燃焼システム

10

20

30

40

50

を表す概略構成図である。液化燃料は、大気圧下の常温において気相となる燃料である。本明細書でいう常温は35℃である。液化燃料は、例えば石油（軽質油や液化石油ガス）、液化天然ガス、ジメチルエーテル、および液体アンモニアなどである。以下の説明では特段の説明がない限り、液化燃料は液体アンモニアを指すものとする。

【0012】

本実施形態の燃焼システム1が備えるボイラ10は、固体燃料を粉碎した微粉燃料と、液化燃料とをバーナにより燃焼させ、この燃焼により発生した熱を給水や蒸気と熱交換して過熱蒸気を生成することが可能なボイラである。固体燃料としては、バイオマス燃料や石炭などが使用される。

【0013】

ボイラ10は、火炉11と燃焼装置20、50と燃焼ガス通路12を有している。火炉11は、四角筒の中空形状をなして鉛直方向に沿って設置されている。火炉11の内壁面を構成する火炉壁101は、複数の伝熱管と、伝熱管同士を接続するフィンとで構成され、微粉燃料の燃焼により発生した熱を、伝熱管の内部を流通する水や蒸気と熱交換して回収すると共に、火炉壁101の温度上昇を抑制している。

【0014】

燃焼装置20、50は、火炉11の下部領域に設置されている。本実施形態では、燃焼装置20は、微粉燃料を火炉11の内部に噴射するように構成される。また、燃焼装置50は、液化燃料をアトマイズ流体（噴霧媒体）により微粒化して火炉11の内部に噴射するように構成される。本実施形態のアトマイズ流体はアトマイズ蒸気である。

【0015】

燃焼装置20は、火炉壁101に装着された複数のバーナ21を有し、燃焼装置50は、複数のバーナ51を有している。各々のバーナ21の先端部には、微粉燃料を火炉11内に噴射するように構成された噴射ノズル（図示外）が設けられる。また、各々のバーナ51の先端部には、液化燃料をアトマイズ流体により微粒化して火炉11内に噴射するように構成された2流体噴射ノズル59（図4参照）が設けられる。

バーナ21、51は、火炉11の周方向に沿って均等間隔で配設されたもの（例えば、四角形の火炉11の各コーナ部に設置された4個）を1セットとして、鉛直方向に沿って複数段配置されている。図1の例では、1セットのバーナ21が2段、1セットのバーナ51が4段配置される。なお、図1では、図示の都合上、1セットのバーナのうちの2個のみを記載し、各セットに符合21、51を付している。火炉の形状やバーナの段数、一つの段におけるバーナの数、バーナの配置などは、この実施形態に限定されるものではない。

【0016】

燃焼装置20のバーナ21は、それぞれ、複数の微粉燃料供給管22A、22B（以下、一括して「微粉燃料供給管22」と記載する場合がある。）を介して、複数のミル（粉碎機）31A、31B（以下、一括して「ミル31」と記載する場合がある。）に連結されている。ミル31は、例えば、内部に粉碎テーブル（図示省略）が駆動回転可能に支持されていて、粉碎テーブルの上方に複数の粉碎ローラ（図示省略）が粉碎テーブルの回転に連動回転可能に支持されて構成されている縦型ローラミルである。粉碎ローラと粉碎テーブルが協働して粉碎された固体燃料は、ミル31に供給される一次空気（搬送用ガス、酸化性ガス）により、ミル31が備える分級機（図示省略）に搬送される。分級機では、バーナ21での燃焼に適した粒径以下の微粉燃料と、該粒径より大きな粗粉燃料とに分級される。微粉燃料は、分級機を通過して、一次空気と共に微粉燃料供給管22を介してバーナ21に供給される。分級機を通過しなかった粗粉燃料は、ミル31の内部で、自重により粉碎テーブル上に落下し、再粉碎される。

【0017】

燃焼装置50のバーナ51は、供給ユニット90に連結されている。供給ユニット90は、燃焼装置50にアトマイズ流体を供給するように構成された2流体噴射ノズル用のアトマイズ流体供給ユニット60（以下、単に「アトマイズ流体供給ユニット60」と記載

10

20

30

40

50

する場合がある。)と、燃焼装置 50 に液化燃料を供給するように構成された 2 流体噴射ノズル用の液化燃料供給ユニット 70 (以下、単に「液化燃料供給ユニット 70」と記載する場合がある。)とを含む。ボイラ 10 における燃焼負荷に応じて定まるバーナ 51 での液化燃料の要求噴射流量を、コントローラ 110 が取得する。コントローラ 110 が要求噴射流量に応じた制御指令を供給ユニット 90 に送ることで、アトマイズ流体供給ユニット 60 と液化燃料供給ユニット 70 はそれぞれ、アトマイズ流体と液化燃料の供給量を調整することができる。供給ユニット 90 の構成の詳細は後述する。

なお、液化燃料の要求噴射流量は、各バーナ 51 の 2 流体噴射ノズル 59 (図 4 参照) 1 個当たりの液化燃料の要求噴射流量である。

【0018】

バーナ 21、51 の装着位置における火炉 11 の炉外側には、エアレジスタ 23 が設けられており、このエアレジスタ 23 には風道 (空気ダクト) 24 の一端部が連結されている。風道 24 の他端部には、押込通風機 (FDF: Forced Draft Fan) 32 が連結されている。押込通風機 32 から供給された空気は、風道 24 に設置された空気予熱器 42 で加熱され (詳細は後述する)、エアレジスタ 23 を介してバーナ 21 に二次空気 (燃焼用空気、酸化性ガス) として供給され、火炉 11 の内部に投入される。

【0019】

燃焼ガス通路 12 は、火炉 11 の鉛直方向上部に連結されている。燃焼ガス通路 12 には、燃焼ガスの熱を回収するための熱交換器として、過熱器 102A、102B、102C (以下、一括して「過熱器 102」と記載する場合がある。)、再熱器 103A、103B (以下、一括して「再熱器 103」と記載する場合がある。)、節炭器 104 が設けられており、火炉 11 で発生した燃焼ガスと各熱交換器の内部を流通する給水や蒸気との間で熱交換が行われる。なお、各熱交換器の配置や形状は、図 1 に記載した形態に限定されない。

【0020】

燃焼ガス通路 12 の下流側には、熱交換器で熱回収された燃焼ガスが排出される煙道 13 が連結されている。煙道 13 には、風道 24 との間に空気予熱器 (エアヒータ) 42 が設けられており、風道 24 を流れる空気と、煙道 13 を流れる燃焼ガスとの間で熱交換を行い、ミル 31 に供給する一次空気やバーナ 21 に供給する二次空気を加熱することで、水や蒸気との熱交換後の燃焼ガスから、さらに熱回収を行う。

【0021】

また、煙道 13 には、空気予熱器 42 よりも上流側の位置に、脱硝装置 43 が設けられていてもよい。脱硝装置 43 は、アンモニア、尿素水等の窒素酸化物を還元する作用を有する還元剤を、煙道 13 内を流通する燃焼ガスに供給し、還元剤が供給された燃焼ガス中の窒素酸化物 (NO_x) と還元剤との反応を、脱硝装置 43 内に設置された脱硝触媒の触媒作用により促進させることで、燃焼ガス中の窒素酸化物を除去、低減するものである。

煙道 13 の空気予熱器 42 より下流側には、ガスダクト 41 が連結されている。ガスダクト 41 には、燃焼ガス中の灰などを除去する電気集じん機などの集じん装置 44 や硫黄酸化物を除去する脱硫装置 46 などの環境装置、また、それらの環境装置に排ガスを導くための誘引通風機 (IDF: Induced Draft Fan) 45 が設けられている。ガスダクト 41 の下流端部は、煙突 47 に連結されており、環境装置で処理された燃焼ガスが、排ガスとして系外に排出される。

【0022】

ボイラ 10 において、複数のミル 31 が駆動すると、粉碎、分級された微粉燃料が、一次空気と共に微粉燃料供給管 22 を介してバーナ 21 に供給される。また、アトマイズ流体供給ユニット 60 と液化燃料供給ユニット 70 からそれぞれアトマイズ流体と液化燃料がバーナ 51 に供給される。さらに、空気予熱器 42 で加熱された二次空気が、風道 24 からエアレジスタ 23 を介してバーナ 21、51 に供給される。

バーナ 21 は、微粉燃料と一次空気とが混合した微粉燃料混合気を火炉 11 に吹き込むと共に、二次空気を火炉 11 に吹き込む。火炉 11 に吹き込まれた微粉燃料混合気が着火

10

20

30

40

50

し、二次空気と反応することで火炎を形成する。バーナ 5 1 は、アトマイズ流体によって微粒化された液化燃料と共に二次空気を火炉 1 1 に吹き込む。火炉 1 1 に吹き込まれた液化燃料は、気化して燃料ガスになり、二次空気と反応して燃焼する。

微粉燃料と燃料ガスの燃焼により生じる高温の燃焼ガスは、火炉 1 1 内を上昇し、燃焼ガス通路 1 2 に流入する。

なお、液化燃料が火炉 1 1 に吹き込まれるタイミングは、微粉燃料の燃焼によって火炉 1 1 内の温度が一定温度まで上昇した後であってもよい。例えば、ボイラ 1 0 の起動時に微粉燃料の専焼が行われたのち、液化燃料が火炉 1 1 に吹き込まれ、液化燃料が気化した燃料ガスと微粉燃料との混焼が行われてもよい。さらにその後、微粉燃料の吹き込みを停止し、液化燃料の専焼が行われてもよい。

10

また、本実施形態では、酸化性ガス（一次空気、二次空気）として空気を用いるが、空気よりも酸素割合が多いものや逆に少ないものであってもよく、供給される燃料量に対する酸素量の比率を適正な範囲に調整することで、火炉 1 1 において安定した燃焼が実現される。

【 0 0 2 3 】

燃焼ガス通路 1 2 に流入した燃焼ガスは、燃焼ガス通路 1 2 の内部に配置された過熱器 1 0 2、再熱器 1 0 3、節炭器 1 0 4 で水や蒸気と熱交換した後、煙道 1 3 に排出され、脱硝装置 4 3 で窒素酸化物が除去され、空気予熱器 4 2 で一次空気及び二次空気と熱交換した後、さらにガスダクト 4 1 に排出され、集じん装置 4 4 で灰などが除去され、脱硫装置 4 6 で硫黄酸化物が除去された後、煙突 4 7 から系外に排出される。なお、燃焼ガス通路 1 2 における各熱交換器及び煙道 1 3 からガスダクト 4 1 における各装置の配置は、燃焼ガス流れに対して、必ずしも上述の記載順に配置されなくともよい。

20

【 0 0 2 4 】

上述した実施形態では、本開示のボイラを、燃料に固体燃料と液化燃料を使用するボイラとして説明した。ボイラに使用される固体燃料としては、石炭、バイオマス燃料、石油コークス（PC：Petroleum Coke）燃料、石油残渣などが使用される。

なお、液化燃料と組み合わせるボイラの燃料としては、固体燃料に限らず、重油、軽油、重質油などの石油類や工場廃液などの液体燃料も使用することができる。また、天然ガスや各種石油ガス、製鉄プロセスなどで発生する副生ガスなどの気体燃料も使用することができる。

30

さらに、これらの各種燃料を組み合わせる混焼ボイラにも適用することができる。

【 0 0 2 5 】

< 2 . 液化燃料供給ユニット 7 0 の構成 >

図 2 を参照し、上述した供給ユニット 9 0 の構成要素である液化燃料供給ユニット 7 0 の構成を例示する。図 2 は、本開示の一実施形態に係る供給ユニットの概念的な構成図である。なお、図 2 では、図面を見やすくする都合、燃焼装置 2 0（図 1 参照）の図示を省略している。

【 0 0 2 6 】

液化燃料供給ユニット 7 0 は、液化燃料を貯留する貯留部 7 9 と、貯留部 7 9 に貯留される液化燃料をバーナ 5 1 の 2 流体噴射ノズル 5 9 に供給するため液化燃料供給ライン 7 5 と、液化燃料供給ライン 7 5 に設けられた加熱器 7 6 と、液化燃料供給ライン 7 5 に設けられた液化燃料調整部 7 8 とを備える。

40

【 0 0 2 7 】

貯留部 7 9 は、液化燃料の一例である液体アンモニアを貯留する。液化燃料供給ライン 7 5 の下流端は、複数のバーナ 5 1 がそれぞれ備える 2 流体噴射ノズル 5 9 の構成要素である液化燃料供給路 5 7 に接続される。液化燃料供給ライン 7 5 の上流側部分には、供給される液化燃料の一部を貯留部 7 9 に戻すための戻し路 7 5 2 が設けられる。加熱器 7 6 は、液化燃料を気化させない程度の一定温度まで加熱するように構成される。加熱器 7 6 の熱源は、一例として、燃焼システム 1 において生成される蒸気の一部である補助蒸気で

50

ある。加熱器 76 による加熱により、火炉 11 に吹き込まれる液化燃料は気化し易く、火炉 11 における失火を抑制することができる。なお、加熱器 76 によって加熱された液化燃料の温度を計測するための温度計 175 の計測結果に基づき、補助蒸気の流路に設けられた調整弁 81 が調整され、加熱器 76 における液化燃料の加熱量が調整される。本例ではこの調整がコントローラ 110 によって実行される。

【0028】

液化燃料調整部 78 は、上述した液化燃料の要求噴射流量に応じて液化燃料の供給圧力と流量を調整するように構成される。

本実施形態の液化燃料調整部 78 は、戻し路 752 において並列に設けられた容量の異なる複数の制御弁 781 と液化燃料供給ライン 75 に設けられた制御弁 782 である。制御弁 781 は例えば圧力調整弁であり、制御弁 782 は例えば流量調整弁である。本例では、液化燃料供給ライン 75 の戻し路 752 との分岐点の下流側に設けられた圧力計 173 及び液体燃料供給路 57 との分岐点の上流側に設けられた流量計 176 のそれぞれの計測結果に基づき、複数の制御弁 781 と制御弁 782 はコントローラ 110 によって制御される。より具体的な一例として、コントローラ 110 は、要求噴射流量に相当する流量の液化燃料がバーナ 51 に供給されるよう、圧力計 173 と流量計 176 のそれぞれの計測結果に基づき複数の制御弁 781 と制御弁 782 をそれぞれ制御する。

【0029】

なお、他の実施形態では、液化燃料供給ユニット 70 は、貯留部 79 を備えなくてもよい。例えば、液化燃料供給ライン 75 は、液化燃料を貯留する大型タンクローリなどの船舶や液化燃料を製造する設備とパイプラインにより接続されてもよい。

【0030】

< 3. アトマイズ流体供給ユニット 60 の構成 >

図 2 を参照し、上述した供給ユニット 90 の構成要素であるアトマイズ流体供給ユニット 60 の構成を例示する。アトマイズ流体供給ユニット 60 は、バーナ 51 の 2 流体噴射ノズル 59 にアトマイズ流体を供給するためのアトマイズ流体供給ライン 55 と、アトマイズ流体供給ライン 55 に設けられた減温器 53 と、アトマイズ流体供給ライン 55 に設けられたアトマイズ流体調整部 58 とを備える。アトマイズ流体供給ライン 55 は、複数のバーナ 51 がそれぞれ備える 2 流体噴射ノズル 59 の構成要素であるアトマイズ流体供給路 52 に接続される。

【0031】

減温器 53 は、アトマイズ流体よりも温度の低い冷却媒体を用いてアトマイズ流体を一定温度まで減温させるように構成される。本実施形態では、アトマイズ流体は蒸気であり、減温器 53 で、スプレイ水を混合してアトマイズ流体を減温させる。例えば、スプレイ水管に設けられたスプレイ水調整弁 54 が、減温器 53 よりも下流側に設けられた温度計 161 の計測結果に基づきコントローラ 110 により制御される。

【0032】

アトマイズ流体調整部 58 は、上述した液化燃料の要求噴射流量に応じて、アトマイズ流体の供給圧力を調整するように構成される。

本実施形態のアトマイズ流体調整部 58 は、減温器 53 よりも下流側において並列に設けられた容量の異なる複数の制御弁 581 である。本例では、アトマイズ流体調整部 58 よりも下流側に設けられた圧力計 182 の計測結果に基づき、複数の制御弁 581 は制御される。より詳細には一例として、コントローラ 110 は、液化燃料の要求噴射流量に対応する圧力のアトマイズ流体がバーナ 51 に供給されるよう、圧力計 182 の計測結果に基づき複数の制御弁 581 をそれぞれ制御する。

【0033】

< 4. 2 流体噴射ノズル 59 における液化燃料の流量制御 >

図 3 を参照し、2 流体噴射ノズル 59 における液化燃料の流量制御の詳細を例示する。図 3 は、本開示の一実施形態に係る 2 流体噴射ノズルから噴射される液化燃料の流量と液化燃料の供給圧力との関係を概念的に示すグラフである。

図 3 のグラフの横軸は、2 流体噴射ノズル 5 9 から噴射される液化燃料流量 (Q) を示す。

同グラフの縦軸は液化燃料の供給圧力 (P_f) を示す。縦軸にある P_{f0} と P_{f1} は、それぞれ、バーナ 5 1 において安定した燃焼を実現するための液化燃料のバーナ下限圧力とバーナ上限圧力である。また、 P_{fv} は、バーナ 5 1 へ液化燃料を安定して供給するための供給下限圧力であり、加熱器 7 6 によって加熱された液化燃料の温度における液化燃料の蒸気圧に応じた値である。

【 0 0 3 4 】

同グラフにおいて概念的に描かれるグラフ線 A は、アトマイズ流体の供給圧力 (P_a) が P_{a1} であるときの、流量と液化燃料の供給圧力との関係を示す。また、グラフ線 B、C は、アトマイズ流体の供給圧力 (P_a) がそれぞれ P_{a2} 、 P_{a3} であるときの、流量と液化燃料の供給圧力との関係を示す。なお、アトマイズ流体の供給圧力 (P_a) について、以下の式 (1) が成立している。

$$P_{a1} > P_{a2} > P_{a3} \quad \cdots (1)$$

なお、必ずしもアトマイズ供給圧力 (P_a) が 3 つの圧力である必要はなく更に多くの圧力や少ない圧力で制御することも可能である。また、 P_a の最小圧力がゼロすなわちアトマイズ流体が供給されない場合でも良い。

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、液体燃料の供給圧力とアトマイズ流体の供給圧力を変更することで、2 流体噴射ノズル 5 9 から噴射される液化燃料の流量が調整される。以下ではその詳細を、グラフの点 J 1 で示される状態から点 J 4 で示される状態まで液化燃料の流量が下がる場合を例に説明する。

【 0 0 3 6 】

はじめに、液化燃料調整部 7 8 が液化燃料の供給圧力 (P_f) を P_{f1} に維持しつつ、アトマイズ流体調整部 5 8 がアトマイズ流体の供給圧力 (P_a) を P_{a3} から P_{a2} まで上げる。これにより、液化燃料の流量 Q は、 Q_4 から Q_3 まで低下する (点 J 2)。このとき、液化燃料の供給圧力が維持されるので、液化燃料の流動は安定化しやすい。

その後、アトマイズ流体調整部 5 8 がアトマイズ流体の供給圧力を P_{a2} に維持しつつ、液化燃料調整部 7 8 が液化燃料の供給圧力を P_{f1} から P_{fd} まで下げる (P_{fd} は後述の P_{fv} よりも大きい)。これにより、液化燃料の流量が低下する (点 J 3)。

さらに、液化燃料調整部 7 8 が液化燃料の供給圧力を P_{fd} に維持しつつ、アトマイズ流体調整部 5 8 がアトマイズ流体の供給圧力を P_{a2} から P_{a1} まで上げる。これにより、液化燃料の流量が低下する (点 J 4)。

【 0 0 3 7 】

液化燃料の供給圧力 (P_f) とアトマイズ流体の供給圧力 (P_a) の双方を変更することで液化燃料の流量を制御する利点は、以下の通りである。

液化燃料の噴射量は液化燃料の供給圧力と相関する。従って、例えば 2 流体噴射ノズル 5 9 における液化燃料の要求噴射流量が低下することに応じて液化燃料の流量を下げるべく、アトマイズ流体の供給圧力 (P_a) を例えば P_{a3} に維持して、液化燃料の供給圧力 (P_f) のみを下げた場合、液化燃料の供給圧力 (P_f) は、供給下限圧力である P_{fv} を下回り易い。結果として、液化燃料の供給圧力が液化燃料の蒸気圧以下となり、例えば液化燃料供給ライン 7 5 または 2 流体噴射ノズル 5 9 などにおいてベーパーロックが生じ、液化燃料の流動が不安定になるおそれがある。これは、比較的沸点の高い油ではなく、比較的沸点の低い液体アンモニアなどが液化燃料として用いられる場合に特に生じやすい。

この点、上記構成によれば、液化燃料の要求噴射流量に応じてアトマイズ流体調整部 5 8 によりアトマイズ流体の供給圧力 (P_a) を調整することで、液化燃料の供給圧力を液化燃料の蒸気圧以上に維持する場合であっても、液化燃料の噴射流量を広範囲で調整できる。これにより、液化燃料の供給圧力が液化燃料の蒸気圧以下まで低下することに起因した上述のベーパーロックの発生が抑制される。従って、液化燃料の供給経路や 2 流体噴射ノズル 5 9 における液化燃料の流動を安定化させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

また、以下に示す利点も得られる。

すなわち、アトマイズ流体の供給圧力 (P_a) が例えば P_{a2} に維持されて、液化燃料の供給圧力 (P_f) が調整される場合、 P_f が最大可変域 ($P_{fv} \sim P_{fd} \sim P_{f1}$) で調整されたとしても、流量の変更量は Q_0 で示される範囲にとどまり、液化燃料の流量調整幅は狭い。この点、液化燃料の供給圧力 (P_f) とアトマイズ流体の供給圧力 (P_a) の双方を変更することで流量を調整すると、 P_f が最大可変域よりも狭い範囲 ($P_{fd} \sim P_{f1}$) で調整されても、流量の変更量は Q_1 で示される範囲で調整でき、液化燃料の流量調整幅を広げることができる。

【 0 0 3 9 】

なお、点 J 1 で示される状態から点 J 4 で示される状態までの流量の変更手順は、上記の説明に限定されない。他の実施形態では、アトマイズ流体の供給圧力を P_{a3} から P_{a1} まで上げてから、液化燃料の供給圧力を P_{f1} から P_{fd} まで下げてもよい。この場合であっても、上記の利点を享受することができる。

また、液化燃料の要求噴射流量に応じて、流量は、点 J 1 で示される状態から点 J 2 で示される状態に変化した後に、点 J 1 で示す状態に戻ってもよい。同様に、流量は、点 J 2 で示される状態と点 J 3 で示される状態との間、または、点 J 3 で示される状態と点 J 4 で示される状態との間で変更されてもよい。

以下の説明では、点 J 1 から点 J 2 までの流量に対応する液化燃料の要求噴射流量の範囲と、点 J 3 から点 J 4 までの流量に対応する液化燃料の要求噴射流量の範囲を、いずれも「第 1 範囲」と記載する場合がある。また、点 J 2 から点 J 3 までの流量に対応する液化燃料の要求噴射流量の範囲を「第 2 範囲」と記載する場合がある。

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、液化燃料の要求噴射流量の第 1 範囲において、コントローラ 110 は、アトマイズ流体調整部 58 によりアトマイズ流体の供給圧力を液化燃料の要求噴射流量に応じて変化させる。また、液化燃料の要求噴射流量の第 2 範囲において、コントローラ 110 は、液化燃料調整部 78 により液化燃料の供給圧力を要求噴射流量に応じて変化させる。

上記構成によれば、コントローラ 110 がアトマイズ流体調整部 58 と液化燃料調整部 78 を同時に制御することが抑制されるので、コントローラ 110 による液化燃料の噴射流量の制御が簡易になる。また、アトマイズ流体調整部 58 と液化燃料調整部 78 による制御が相互に干渉することが抑制されるので、制御される液化燃料の流量も安定化する。

【 0 0 4 1 】

また、本実施形態では、コントローラ 110 は、第 1 範囲において、液化燃料調整部 78 により、液化燃料の供給圧力が一定となるよう (図 3 の例では供給圧力が P_{f1} または P_{fd} になるよう)、液化燃料の供給流量 (供給量) を制御する。つまり、液化燃料の供給圧力が一定になるよう、複数の制御弁 781 (図 2 参照) の開度がコントローラ 110 によって制御される。

上記構成によれば、アトマイズ流体の供給圧力が調整されるときに液化燃料の供給圧力が一定に維持されるので、液化燃料とアトマイズ流体とが混合されるときに液化燃料の圧力変動を安定化させることができる。よって、2 流体噴射ノズル 59 は液化燃料を安定的に噴射することができる。

【 0 0 4 2 】

また、本実施形態では、第 1 範囲は、要求噴射流量の低流量範囲と、低流量範囲よりも高流量な高流量範囲とを含む。低流量範囲は、点 J 3 と点 J 4 の間における流量に対応する要求噴射流量の範囲であり、高流量範囲は、点 J 1 と点 J 2 の間における流量に対応する要求噴射流量の範囲である。また、第 2 範囲は、低流量範囲と高流量範囲の間となる中流量範囲である。

上記構成によれば、液化燃料の要求噴射流量の可変域のうち、要求される頻度が比較的高い中流量範囲においては、コントローラ 110 は、液化燃料の供給圧力を変化させる。

10

20

30

40

50

従って、要求される頻度が比較的高い中流量範囲において、液化燃料の流量をより高精度に調整することができる。

【 0 0 4 3 】

また、本実施形態では、上述したように、アトマイズ流体調整部 5 8 (図 2 参照) は、並列に設けられた容量の異なる複数の制御弁 5 8 1 を備える。そして、コントローラ 1 1 0 は、複数の制御弁 5 8 1 のそれぞれの開度を制御することでアトマイズ流体の供給圧力を制御し、液化燃料の流量を制御する。

上記構成によれば、容量の比較的大きな制御弁 5 8 1 でアトマイズ流体の供給圧力の大まかな調整がなされ、容量の比較的小さな制御弁 5 8 1 で供給圧力の細かな調整がなされる。よって、要求噴射流量の調整範囲が広範囲になる場合であっても、該調整範囲に対応するアトマイズ流体の供給圧力の範囲内において、アトマイズ流体の供給圧力を高精度に制御することができる。

10

【 0 0 4 4 】

また、本実施形態では、上述したように、液化燃料調整部 7 8 は、並列に設けられた容量の異なる複数の制御弁 7 8 1 を備える (図 2 参照) 。そして、コントローラ 1 1 0 は、複数の制御弁 7 8 1 のそれぞれの開度を制御することで液化燃料の供給圧力を制御し、液化燃料の流量を制御する。

上記構成によれば、容量の比較的大きな制御弁 7 8 1 で液化燃料の供給圧力の大まかな調整がなされ、容量の比較的小さな制御弁 7 8 1 で供給圧力の細かな調整がなされる。よって、広範な液化燃料の流量範囲に対応する液化燃料の供給圧力範囲内において、液化燃料の供給圧力を高精度に制御することができる。そして、本実施形態では、液化燃料の供給圧力の高精度な制御を、要求頻度の高い第 2 範囲において行うことができる。

20

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態では、液化燃料供給ユニット 7 0 の構成要素である貯留部 7 9 は、液体アンモニアを貯留する液体アンモニア貯留部として機能する。つまり、2 流体噴射ノズル 5 9 に供給される液化燃料として液体アンモニアが採用される。これにより、カーボンニュートラルに寄与し、環境負荷を低減することができる。

【 0 0 4 6 】

< 5 . パーナ 5 1 の概要の例示 >

図 4 を参照し、バーナ 5 1 の構成の概要を例示する。図 4 は本開示の一実施形態に係るバーナの概略的な構成図である。バーナ 5 1 の構成要素である 2 流体噴射ノズル 5 9 は、少なくとも 1 つ以上の第 1 噴射孔 5 9 1 と、少なくとも 1 つ以上の第 2 噴射孔 5 9 2 とを含む。第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 はそれぞれ、液化燃料とアトマイズ流体の混合流体を噴射するように構成される。言い換えると、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のそれぞれから、アトマイズ流体によって微粒化された液化燃料が噴射される。

30

本実施形態では、液化燃料とアトマイズ流体が供給される供給路が、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 とで独立している。以下ではこの供給路の詳細を説明する。

【 0 0 4 7 】

液化燃料の供給路は、一例として以下の通りである。

2 流体噴射ノズル 5 9 は、上述した液化燃料供給ライン 7 5 に接続される液化燃料供給路 5 7 を含む。この液化燃料供給路 5 7 は、第 1 噴射孔 5 9 1 及び第 2 噴射孔 5 9 2 にそれぞれ液化燃料を導くための第 1 液化燃料供給路 5 7 1 及び第 2 液化燃料供給路 5 7 2 を有する。また、液化燃料供給路 5 7 には、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 とのそれぞれにおける液化燃料の供給を独立して変更するように構成された複数の液化燃料弁 1 5 7 が設けられる。そして、複数の液化燃料弁 1 5 7 は、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 に設けられた第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A と、第 2 液化燃料供給路 5 7 2 に設けられた第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B とを有する。第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A と第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B が、コントローラ 1 1 0 によって制御されることで、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のそれぞれに向けた液化燃料の供給が独立して行われる。

40

【 0 0 4 8 】

50

アトマイズ流体の供給路は、一例として以下の通りである。

2 流体噴射ノズル 5 9 は、上述したアトマイズ流体供給ライン 5 5 に接続されるアトマイズ流体供給路 5 2 を含む。このアトマイズ流体供給路 5 2 は、第 1 噴射孔 5 9 1 及び第 2 噴射孔 5 9 2 にそれぞれアトマイズ流体を導くための第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 及び第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 を有する。また、アトマイズ流体供給路 5 2 には、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 と第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 とのそれぞれにおけるアトマイズ流体の供給を独立して変更するように構成された複数のアトマイズ流体弁 1 5 2 が設けられる。そして、複数のアトマイズ流体弁 1 5 2 は、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 に設けられた第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A と、第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 に設けられた第 2 アトマイズ流体弁 1 5 2 B とを有する。第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A と第 2 アトマイズ流体弁 1 5 2 B が、コントローラ 1 1 0 によって制御されることで、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のそれぞれに向けたアトマイズ流体の供給が独立して行われる。

【 0 0 4 9 】

本実施形態では、アトマイズ流体供給路 5 2 と液化燃料供給路 5 7 は、2 流体噴射ノズル 5 9 における軸線を基準とした周方向において、互いにずれた位置に設けられる。より詳細には、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1、第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2、第 1 液化燃料供給路 5 7 1、及び第 2 液化燃料供給路 5 7 2 は、周方向において互いにずれた位置に設けられる（図 6 の右側図を参照）。2 流体噴射ノズル 5 9 の軸線からこれら 4 つの供給路までの径方向距離は、同じであってもよいし、異なってもよい。

【 0 0 5 0 】

上記構成によれば、アトマイズ流体供給路 5 2 と液化燃料供給路 5 7 とが周方向に離隔することで、アトマイズ流体供給路 5 2 を流れるアトマイズ流体から液化燃料供給路 5 7 を流れる液化燃料への入熱が抑制される。より具体的には、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 とのそれぞれにおける液化燃料が、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 と第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 とのそれぞれにおけるアトマイズ流体から周方向に離隔することで、アトマイズ流体から液化燃料への入熱が抑制される。よって、液化燃料が気化することによる、2 流体噴射ノズル 5 9 の内部におけるベーパーロックを抑制できる。

【 0 0 5 1 】

また、本実施形態では、図 4 で示されるアトマイズ流体供給路 5 2 と液化燃料供給路 5 7 との間が熱的に絶縁されている。より具体的には、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 または第 2 液化燃料供給路 5 7 2 のいずれかと、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 または第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 のいずれかとの間が熱的に絶縁されている。熱的な絶縁は、アトマイズ流体から液化燃料への熱伝達が、2 流体噴射ノズル 5 9 の軸線方向における少なくとも一部において阻止されることである。本実施形態では、これら 4 つの供給路が互いに熱的に絶縁されており、より詳細には、断熱材 8 8 が設けられることで熱的に絶縁されている（図 6 参照）。2 流体噴射ノズル 5 9 の軸線方向において、断熱材 8 8 の長さは、2 流体噴射ノズル 5 9 の全長の半分以上であることが好ましく、4 分の 3 以上であるとさらに好ましい。

なお、他の実施形態では、熱的な絶縁は、アトマイズ流体供給路 5 2 と液化燃料供給路 5 7 と間に冷却空気の流路が配置されることで実現されてもよい。

【 0 0 5 2 】

上記構成によれば、アトマイズ流体供給路 5 2 を流れるアトマイズ流体と液化燃料供給路 5 7 を流れる液化燃料が熱的に絶縁される。より具体的には、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 または第 2 液化燃料供給路 5 7 2 の少なくとも一方における液化燃料と、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 または第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 の少なくとも一方におけるアトマイズ流体とが熱的に絶縁される。これにより、アトマイズ流体から液化燃料への入熱がさらに抑制されるので、2 流体噴射ノズル 5 9 におけるベーパーロックをさらに抑制できる。

【 0 0 5 3 】

また、本実施形態では、上述した貯留部 7 9 が液化燃料供給ライン 7 5 を介して液化燃料供給路 5 7 に接続される。本実施形態の貯留部 7 9 は、液化燃料としての液体アンモニアを貯留する液体アンモニア貯留部である。図 3 の例では、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 が単一の貯留部 7 9 に接続されているが、これら 2 つの供給路に対応して 2 つの貯留部 7 9 が設けられてもよい。

上記構成によれば、カーボンニュートラルに寄与し、環境負荷を低減することができる。

【 0 0 5 4 】

上述のように、液化燃料弁 1 5 7 とアトマイズ流体弁 1 5 2 は、コントローラ 1 1 0 によって制御される。より詳細には、第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A、第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B、第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A、及び第 2 アトマイズ流体弁 1 5 2 B は、それぞれコントローラ 1 1 0 によって独立して制御される。これにより、液体アンモニアとアトマイズ流体の供給あり/なしの制御が、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のそれぞれにおいて独立して制御される。

10

【 0 0 5 5 】

上記構成によれば、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のそれぞれにおいて、液化燃料の流量可変域が拡大する。つまり、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 のそれぞれの液化燃料の流量可変域を過剰に広く設定しなくても、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 のそれぞれにおける液化燃料の供給あり/なしの選択により、燃焼システム 1 の全体としての広範囲な液化燃料の流量可変域を実現できる。よって、液化燃料供給路 5 7 や 2 流体噴射ノズル 5 9 の内部でのベーパーロックのリスクを抑制しつつ、燃焼システム 1 での液化燃料の広い流量可変域を実現できる。

20

【 0 0 5 6 】

本実施形態では、液化燃料の要求噴射流量が比較的少ない場合には、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 のうち第 1 噴射孔 5 9 1 のみが作動するよう、液化燃料弁 1 5 7 とアトマイズ流体弁 1 5 2 は制御される。そして、液化燃料の要求噴射流量が、第 1 噴射孔 5 9 1 における液化燃料の噴射量の上限を上回るとき、第 1 噴射孔 5 9 1 に加えて第 2 噴射孔 5 9 2 が作動するよう、液化燃料弁 1 5 7 とアトマイズ流体弁 1 5 2 は制御される。

より具体的には、要求噴射流量が液化燃料の流量可変域の第 1 設定範囲に含まれるとき、コントローラ 1 1 0 は、第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A と第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B のうち第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A のみを開く。このとき、第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A と第 2 アトマイズ流体弁 1 5 2 B のうち第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A のみが開いてもよい。

30

そして、液化燃料の要求噴射流量が、第 1 設定範囲よりも高流量な第 2 設定範囲に含まれる場合、コントローラ 1 1 0 は、第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A に加えて、第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B をさらに開く。このとき、第 1 アトマイズ流体弁 1 5 2 A に加えて第 2 アトマイズ流体弁 1 5 2 B が開いてもよい。

【 0 0 5 7 】

図 5 は、上記の制御が行われた場合の、液化燃料の供給圧力と噴射流量との関係を概念的に示すグラフである。グラフの横軸は、液化燃料の供給圧力 (P_f) を示し、 P_{fd} と、 P_{f1} は図 3 を用いて既述した通りである。同グラフの縦軸は、第 1 噴射孔 5 9 1 と第 2 噴射孔 5 9 2 から噴射される液化燃料の合計流量を示す。なお、同グラフでは、アトマイズ流体の供給圧力は P_{a2} である。

40

グラフで示される直線 L 1 は、第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A のみを開いたときの流量特性を示す。従って、グラフで示す寸法 R 1 が第 1 設定範囲に相当する。そして、第 1 設定範囲は、図 3 を用いて既述した第 2 範囲に相当する。

グラフで示される直線 L 2 は、第 1 液化燃料開閉弁 1 5 7 A に加えて、第 2 液化燃料開閉弁 1 5 7 B をさらに開いたときの流量特性を示す。従って、寸法 R 2 が第 2 設定範囲に相当する。

【 0 0 5 8 】

50

上記構成によれば、燃焼システム 1 における液化燃料の要求噴射流量が第 1 設定範囲内にあるときは、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 とのうち第 1 液化燃料供給路 5 7 1 のみを使用される。また、液化燃料の要求噴射流量が第 1 設定範囲よりも高流量な第 2 設定範囲内にあるときに、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 に加えて第 2 液化燃料供給路 5 7 2 も併せて使用される。よって、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 と第 2 液化燃料供給路 5 7 2 のそれぞれにおける液化燃料の供給あり／なしの選択により、燃焼システム 1 の全体としての広範囲な液化燃料の流量可変域を実現できる。つまり、液化燃料供給路 5 7 や 2 流体噴射ノズル 5 9 の内部でのベーパーロックのリスクを抑制しつつ、燃焼システム 1 での液化燃料の広い流量可変域を実現できる。

【 0 0 5 9 】

10

< 6 . 2 流体噴射ノズル 5 9 の構成の詳細 >

図 6、図 7 を参照し、2 流体噴射ノズル 5 9 の構成の詳細を例示する。図 6 は、本開示の一実施形態に係る 2 流体噴射ノズルの概略的な説明図である。図 7 は、本開示の一実施形態に係るバックプレート 5 5 0 の概略的な説明図である。

本開示の一実施形態に係る 2 流体噴射ノズル 5 9 は、液化燃料供給路 5 7 及びアトマイズ流体供給路 5 2 が設けられるバーナガン 5 6 0 と、第 1 噴射孔 5 9 1 及び第 2 噴射孔 5 9 2 が設けられるスプレイプレート 5 9 0 と、バーナガン 5 6 0 及びスプレイプレート 5 9 0 を連結するバックプレート 5 5 0 とを備える。

【 0 0 6 0 】

本実施形態のバーナガン 5 6 0 では、液化燃料供給路 5 7 とアトマイズ流体供給路 5 2 との間は断熱材 8 8 によって熱的に遮断されている。

20

本実施形態のスプレイプレート 5 9 0 では、複数の第 1 噴射孔 5 9 1 が、2 流体噴射ノズル 5 9 の軸線を基準とした周方向に沿って配置される。各々の第 1 噴射孔 5 9 1 の上流側には、供給される液化燃料とアトマイズ流体とが混合される混合室 6 0 1 が形成される。また、2 流体噴射ノズル 5 9 の軸方向視において複数の第 1 噴射孔 5 9 1 よりも内側には、複数の第 2 噴射孔 5 9 2 が周方向に沿って配置されている。各々の第 2 噴射孔 5 9 2 の上流側には、供給される液化燃料とアトマイズ流体とが混合される混合室 6 0 2 が形成される。

【 0 0 6 1 】

本実施形態のバックプレート 5 5 0 は、第 1 液化燃料供給路 5 7 1、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1、第 2 液化燃料供給路 5 7 2、及び第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 と、第 1 噴射孔 5 9 1 及び第 2 噴射孔 5 9 2 との流路（混合室 6 0 1、6 0 2）を接続する。

30

具体的には、バックプレート 5 5 0 は、第 1 液化燃料供給路 5 7 1 に連結される第 1 液化燃料連結路 5 0 1 と、第 1 アトマイズ流体供給路 5 2 1 に連結される第 1 アトマイズ流体連結路 5 1 1 と、第 2 液化燃料供給路 5 7 2 に連結される第 2 液化燃料連結路 5 0 2 と、第 2 アトマイズ流体供給路 5 2 2 に連結される第 2 アトマイズ流体連結路 5 1 2 とを備える。本実施形態では、これらの連結路は、バックプレート 5 5 0 の先端側（噴射側）と基端側とで非対称な形状を呈する。具体的には、これらの連結路の基端側は、2 流体噴射ノズル 5 9 の軸線方向に対して平行または傾斜する円柱状の流路を画定する一方で、先端側の各連結路は、軸線方向視において円環状の流路を画定する。

40

【 0 0 6 2 】

上記構成によれば、バックプレート 5 5 0 の先端側と後端側での非対称になっている複雑な流路であっても、円滑に漏洩なく、液化燃料とアトマイズ流体とを流すことができる。

【 0 0 6 3 】

< 7 . 供給方法の例示 >

図 8 を参照し、液化燃料とアトマイズ流体を 2 流体噴射ノズル 5 9 に供給する方法を説明する。図 8 は、本開示の一実施形態に係る液化燃料とアトマイズ流体を供給する方法を示すフローチャートである。以下の説明では、「ステップ」を「S」と略記する場合がある。本例の供給方法は、一例としてコントローラ 1 1 0 によって実行される。

【 0 0 6 4 】

50

はじめに、コントローラ 110 は、ボイラ 10 の燃焼負荷を取得する (S11)。これにより、コントローラ 110 は、燃焼負荷に応じた液化燃料の要求噴射流量を取得する。

次いで、コントローラ 110 は、取得した要求噴射流量に応じた液化燃料の供給圧力とアトマイズ流体の供給圧力を取得し、これらの供給圧力が実現されるよう、液化燃料調整部 78 とアトマイズ流体調整部 58 を制御する。本ステップの制御は、図 3 を用いて既述した通りである。例えば、液化燃料の要求噴射流量が第 1 範囲に含まれる場合には、コントローラ 110 はアトマイズ流体調整部 58 を制御してアトマイズ流体の供給圧力を変化させる。

本実施形態ではこのとき、液化燃料の供給圧力が一定になるよう、コントローラ 110 は液化燃料調整部 78 を制御する。上記構成によれば、液化燃料の流動は安定化する。

10

【0065】

次いで、コントローラ 110 は、S11 の実行に伴い取得された液化燃料の要求噴射流量が第 1 設定範囲に含まれるか否かを判定する (S15)。要求噴射流量が第 1 設定範囲に含まれる場合には (S15: YES)、コントローラ 110 は、第 1 噴射孔 591 と第 2 噴射孔 592 のうち第 1 噴射孔 591 のみが作動するよう、第 1 液化燃料開閉弁 157A と第 1 アトマイズ流体弁 152A を開く (S17)。一方、要求噴射流量が第 2 設定範囲に含まれる場合 (S15: NO)、第 1 噴射孔 591 に加えて第 2 噴射孔 592 が作動するよう、コントローラ 110 は、第 1 液化燃料開閉弁 157A と第 1 アトマイズ流体弁 152A に加えて、第 2 液化燃料開閉弁 157B と第 2 アトマイズ流体弁 152B を開く (S19)。

20

つまり、要求噴射流量に応じて S17 または S19 のいずれかが実行されることで、第 1 液化燃料供給路 571 と第 2 液化燃料供給路 572 のそれぞれにおける液化燃料の供給が独立して変更される。

S17 または S19 の実行後、コントローラ 110 は処理を終了する。

【0066】

< 8. まとめ >

上述した幾つかの実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握されるものである。

【0067】

1) 本開示の少なくとも一実施形態に係る 2 流体噴射ノズル (59) は、

液化燃料とアトマイズ流体とを噴射するための少なくとも 1 つ以上の第 1 噴射孔 (591) 及び少なくとも 1 つ以上の第 2 噴射孔 (592) を含む 2 流体噴射ノズル (59) であって、

30

前記液化燃料と前記アトマイズ流体とをそれぞれ前記第 1 噴射孔 (591) に導くための第 1 液化燃料供給路 (571) 及び第 1 アトマイズ流体供給路 (521) と、

前記液化燃料と前記アトマイズ流体とをそれぞれ前記第 2 噴射孔 (592) に導くための第 2 液化燃料供給路 (572) 及び第 2 アトマイズ流体供給路 (522) と、をさらに含み、

前記第 1 液化燃料供給路 (571) または前記第 2 液化燃料供給路 (572) のいずれかと、前記第 1 アトマイズ流体供給路 (521) または前記第 2 アトマイズ流体供給路 (522) のいずれかとの間が熱的に絶縁される。

40

【0068】

上記 1) の構成によれば、第 1 液化燃料供給路 (571) または第 2 液化燃料供給路 (572) の少なくとも一方を流れる液化燃料と、第 1 アトマイズ流体供給路 (521) または第 2 アトマイズ流体供給路 (522) の少なくとも一方を流れるアトマイズ流体とが熱的に絶縁される。これにより、アトマイズ流体から液体アンモニアへの入熱が抑制されるので、2 流体噴射ノズル (59) 内部におけるベーパーロックを抑制できる。よって、2 流体噴射ノズル (59) は、液化燃料の流動を安定化させることができる。

【0069】

2) 幾つかの実施形態では、上記 1) に記載の 2 流体噴射ノズル (59) であって、

前記第 1 液化燃料供給路 (571)、前記第 1 アトマイズ流体供給路 (521)、前記

50

第2 液化燃料供給路(572)、及び前記第2 アトマイズ流体供給路(522)は、前記2 流体噴射ノズルの軸線を基準とした周方向において互いにずれた位置に設けられる。

【0070】

上記2)の構成によれば、第1 液化燃料供給路(571)と第2 液化燃料供給路(572)とのそれぞれにおける液化燃料が、第1 アトマイズ流体供給路(521)と第2 アトマイズ流体供給路(522)とのそれぞれにおけるアトマイズ流体から周方向に離隔することで、アトマイズ流体から液化燃料への入熱を抑制できる。よって、2 流体噴射ノズル(59)内部におけるペーパーロックをさらに抑制できる。

【0071】

3) 幾つかの実施形態では、上記1)または2)のいずれかに記載の2 流体噴射ノズル(59)であって、

10

前記第1 液化燃料供給路(571)、前記第1 アトマイズ流体供給路(521)、前記第2 液化燃料供給路(572)、及び前記第2 アトマイズ流体供給路(522)と、前記第1 噴射孔(591)及び前記第2 噴射孔(592)との流路を接続するバックプレート(550)を備える。

【0072】

上記3)の構成によれば、バックプレート(550)の噴射孔側である先端側と基端側とで非対称になっている複雑な流路が形成される場合であっても、液化燃料とアトマイズ流体とを円滑に漏洩なく流すことができる。

【0073】

20

4) 本開示の少なくとも一実施形態に係る燃焼システム(1)は、

上記1)から3)のいずれかの2 流体噴射ノズル(59)と、

前記第1 液化燃料供給路(571)と前記第2 液化燃料供給路(572)とのそれぞれにおける前記液化燃料の供給を独立して変更するための複数の液化燃料弁(157)と、

前記第1 アトマイズ流体供給路(521)と前記第2 アトマイズ流体供給路(522)とのそれぞれにおける前記アトマイズ流体の供給を独立して変更するための複数のアトマイズ流体弁(152)とを備える。

【0074】

上記4)の構成によれば、第1 噴射孔(591)と第2 噴射孔(592)のそれぞれに対応する液化燃料の供給路である第1 液化燃料供給路(571)と第2 液化燃料供給路(572)の液化燃料の流量可変域を過剰に広く設定しなくても、第1 液化燃料供給路(571)と第2 液化燃料供給路(572)の各々における液化燃料の供給あり/なしの選択により、燃焼システム(1)全体としての広範囲な液化燃料の流量可変域を実現できる。よって、液化燃料供給路(57)または2 流体噴射ノズル(59)内部などでのペーパーロックのリスクを抑制しつつ、燃焼システム(1)での液化燃料の広い流量可変域を実現できる。

30

【0075】

5) 幾つかの実施形態では、上記4)に記載の燃焼システム(1)であって、

前記複数の液化燃料弁(157)を制御するためのコントローラ(110)を備え、

前記複数の液化燃料弁(157)は、

40

前記第1 液化燃料供給路(571)に設けられた第1 液化燃料開閉弁(157A)と、

前記第2 液化燃料供給路(572)に設けられた第2 液化燃料開閉弁(157B)と

、を含み、

前記コントローラ(110)は、

前記2 流体噴射ノズル1 個当たりの前記液化燃料の要求噴射流量が前記液化燃料の流量可変域の第1 設定範囲に含まれる場合、前記第1 液化燃料開閉弁(157A)と前記第2 液化燃料開閉弁(157B)のうち前記第1 液化燃料開閉弁(157A)のみを開き、

前記要求噴射流量が前記流量可変域の前記第1 設定範囲よりも高流量な第2 設定範囲に含まれる場合、前記第1 液化燃料開閉弁(157A)と前記第2 液化燃料開閉弁(157B)とを開くように構成される。

50

【 0 0 7 6 】

上記 5) の構成によれば、燃焼システム (1) における液化燃料の要求噴射流量が第 1 設定範囲内にあるときは、第 1 液化燃料供給路 (5 7 1) と第 2 液化燃料供給路 (5 7 2) とのうち第 1 液化燃料供給路 (5 7 1) のみを使用される。また、上記液化燃料の要求噴射流量が第 1 設定範囲よりも高流量な第 2 設定範囲内にあるときに、第 1 液化燃料供給路 (5 7 1) に加えて第 2 液化燃料供給路 (5 7 2) も併せて使用される。よって、第 1 液化燃料開閉弁 (1 5 7 A) と第 2 液化燃料開閉弁 (1 5 7 B) が同時に使用されるタイミングが限定されるので、コントローラ (1 1 0) による第 1 液化燃料開閉弁 (1 5 7 A) と第 2 液化燃料開閉弁 (1 5 7 B) との制御を簡易にすることができる。

【 0 0 7 7 】

6) 幾つかの実施形態では、上記 4) または 5) に記載の燃焼システム (1) であって、前記第 1 液化燃料供給路 (5 7 1) と前記第 2 液化燃料供給路 (5 7 2) のそれぞれに接続され、前記液化燃料としての液体アンモニアを貯留する少なくとも 1 つの液体アンモニア貯留部 (貯留部 7 9) をさらに含む。

【 0 0 7 8 】

上記 6) の構成によれば、カーボンニュートラルへ寄与し、環境負荷を低減できる。

【 0 0 7 9 】

7) 本開示の少なくとも一実施形態に係る液化燃料の供給量の制御方法は、上記 4) から 6) のいずれかの燃焼システム (1) を用いた液化燃料の供給量の制御方法であって、

前記第 1 液化燃料供給路 (5 7 1) と、前記第 2 液化燃料供給路 (5 7 2) とのそれぞれにおける、前記液化燃料の供給を、独立して変更するステップ (S 1 7 、 S 1 9) を備える。

【 0 0 8 0 】

上記 7) の構成によれば、上記 4) と同様の理由により、液化燃料供給路 (5 7) または 2 流体噴射ノズル (5 9) などでのベーパーロックのリスクを抑制しつつ、燃焼システム (1) での液化燃料の広い流量可変域を実現できる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

- 1 : 燃焼システム
- 5 2 : アトマイズ流体供給路
- 5 7 : 液化燃料供給路
- 5 9 : 2 流体噴射ノズル
- 7 9 : 貯留部
- 1 1 0 : コントローラ
- 1 5 2 : アトマイズ流体弁
- 1 5 7 : 液化燃料弁
- 1 5 7 A : 第 1 液化燃料開閉弁
- 1 5 7 B : 第 2 液化燃料開閉弁
- 5 2 1 : 第 1 アトマイズ流体供給路
- 5 2 2 : 第 2 アトマイズ流体供給路
- 5 5 0 : バックプレート
- 5 7 1 : 第 1 液化燃料供給路
- 5 7 2 : 第 2 液化燃料供給路
- 5 9 1 : 第 1 噴射孔
- 5 9 2 : 第 2 噴射孔

10

20

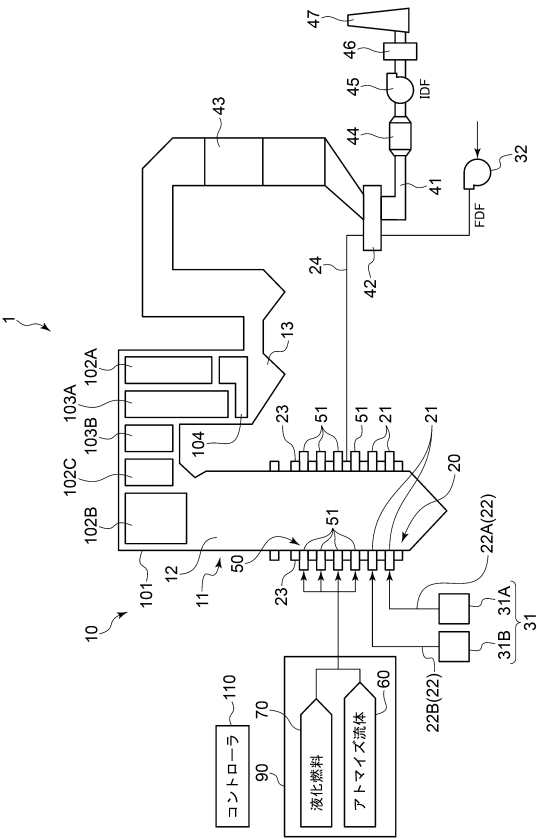
30

40

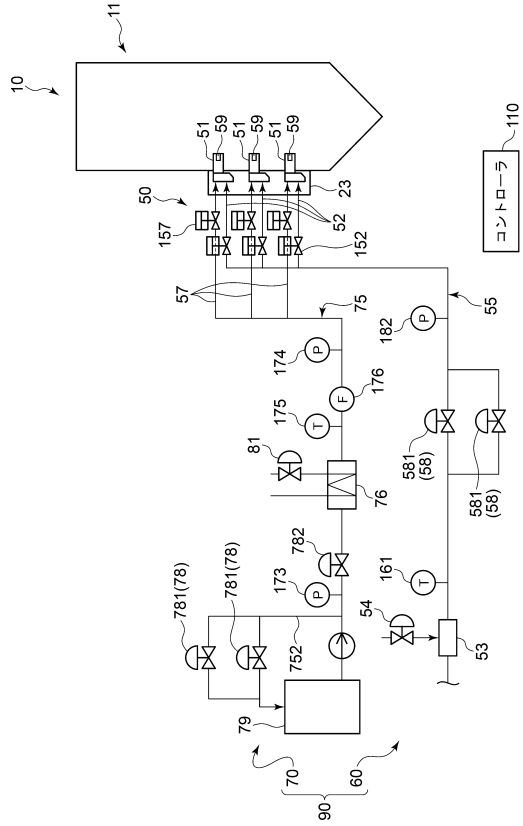
50

【図面】

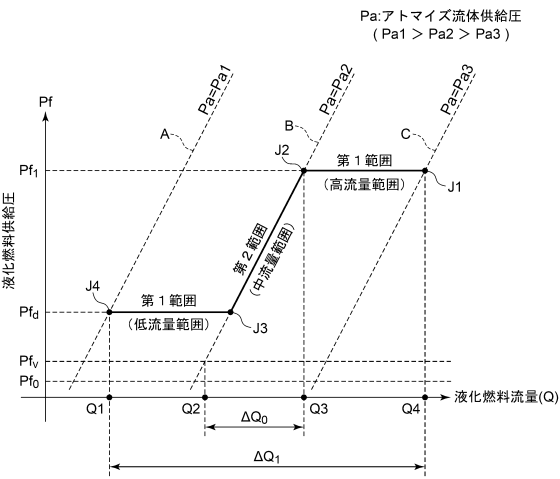
【図 1】



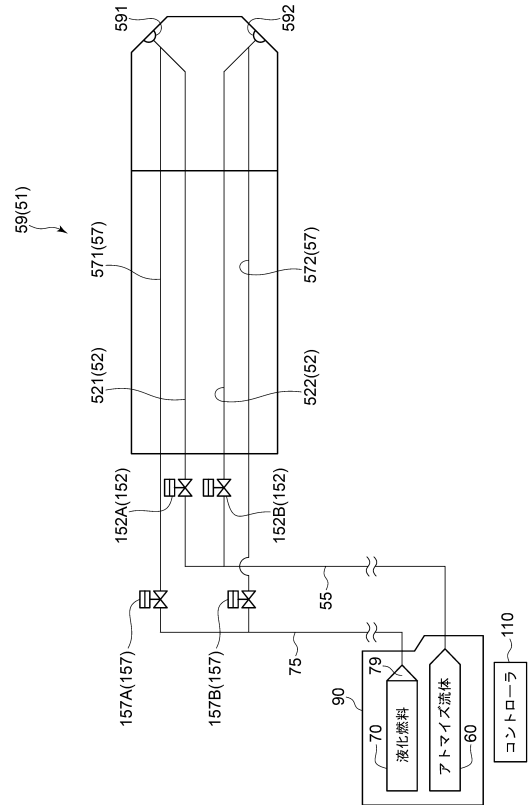
【図 2】



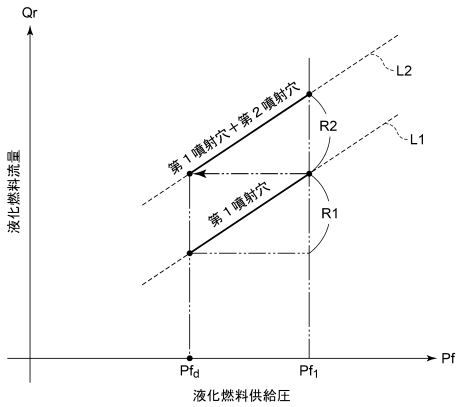
【図 3】



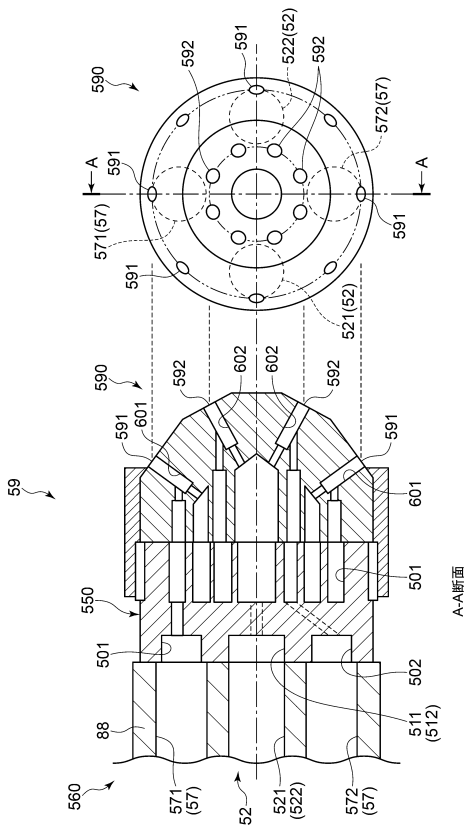
【図 4】



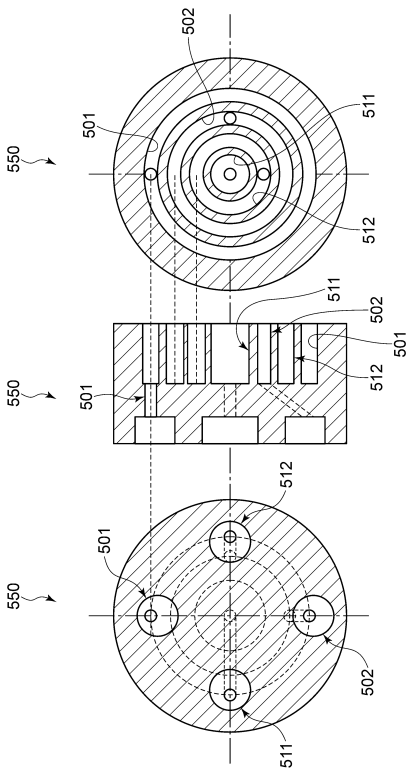
【図 5】



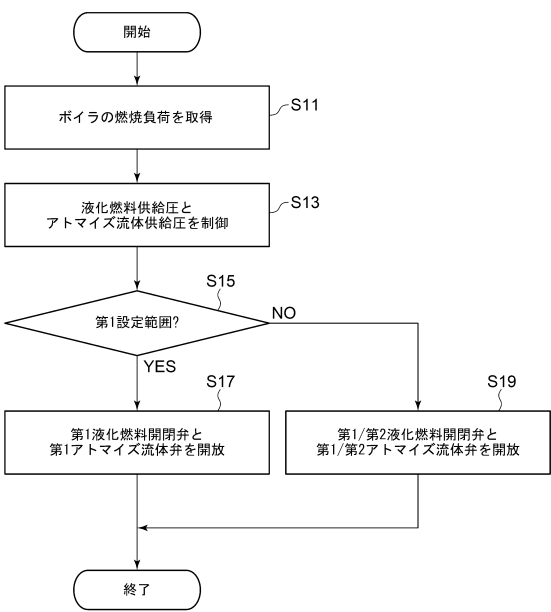
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 富永 幸洋
東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 嶺 聡彦
東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 三菱重工業株式会社内

審査官 磯部 賢

(56)参考文献 特開 2 0 2 3 - 0 3 9 3 0 9 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 0 6 6 2 1 7 5 0 (C N , A)
特開昭 5 1 - 1 4 9 1 6 7 (J P , A)
登録実用新案第 3 2 2 0 1 0 7 (J P , U)
中国実用新案第 2 0 9 4 7 0 2 1 3 (C N , U)
特許第 7 3 6 9 1 5 8 (J P , B 2)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
F 2 3 D 1 1 / 0 0 - 1 1 / 4 6
F 2 3 K 5 / 0 2 - 5 / 2 2
F 2 3 N 1 / 0 0 - 1 / 1 0
F 2 3 C 1 / 0 0 - 1 / 1 2
F 2 3 J 1 5 / 0 0