

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257554 A1

(51) 国際特許分類:

F02C 9/40 (2006.01) F23R 3/10 (2006.01)
F02C 7/22 (2006.01) F23R 3/28 (2006.01)
F02C 7/228 (2006.01) F23R 3/30 (2006.01)
F02C 7/232 (2006.01) F23R 3/36 (2006.01)

(71) 出願人(KRを除く全ての指定国について):三菱重工業株式会社(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/018484

(22) 国際出願日: 2024年5月20日(20.05.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

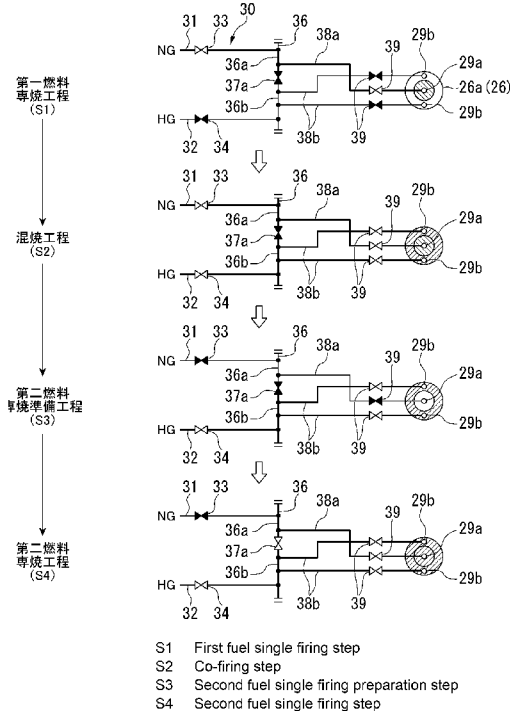
(30) 優先権データ:
特願 2023-096016 2023年6月12日(12.06.2023) JP

(71) 出願人(KRについてのみ): 三菱パワー株式会社(MITSUBISHI POWER, LTD.) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 萩田 達哉(HAGITA Tatsuya); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 苅宿 充博(KARISHUKU Mitsuhiro); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 小泉 浩美(KOIZUMI Hiromi); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 齊藤 希(SAITO Nozomi); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 平野 将也(HIRANO Masaya); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 松原 慶典(MATSUBARA

(54) Title: GAS TURBINE OPERATION METHOD AND GAS TURBINE EQUIPMENT CAPABLE OF EXECUTING SAME

(54) 発明の名称: ガスタービンの運転方法、及びこの方法を実行可能なガスタービン設備



(57) Abstract: This gas turbine operation method includes executing: a first fuel single firing step of supplying only a first fuel to a first nozzle of a first burner, and not supplying the first fuel and a second fuel to a second nozzle for each of a plurality of second burners; a co-firing step of supplying only the first fuel to the first nozzle, and supplying only the second fuel to the second nozzle; a second fuel single firing preparation step of supplying the second fuel only to the second nozzle, without supplying the first fuel and the second fuel to the first nozzle; and a second fuel single firing step of supplying only the second fuel to the first nozzle and the second nozzle.

(57) 要約: ガスタービンの運転方法では、第一バーナの第一ノズルに、第一燃料のみを供給し、複数の第二バーナ毎の第二ノズルには前記第一燃料及び第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、を実行する。



WO 2024/257554 A1

Yoshinori); 〒1008332 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 Tokyo (JP). 菊地 広介(**KIKUCHI Kohsuke**); 〒1008332 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(**MATSUNUMA Yasushi** et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

ガスタービンの運転方法、及びこの方法を実行可能なガスタービン設備
技術分野

[0001] 本開示は、ガスタービンの運転方法、及びこの方法を実行可能なガスタービン設備に関する。

本願は、2023年6月12日に、日本国に出願された特願2023-096016号に基づき優先権を主張し、この内容をここに援用する。

背景技術

[0002] ガスタービンは、空気を圧縮する圧縮機と、圧縮機で圧縮された空気で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成する燃焼器と、燃焼器からの燃焼ガスで駆動するタービンと、を備えている。燃焼器は、燃料が燃焼可能な筒と、筒内に圧縮空気と共に燃料を噴射可能な複数のバーナと、を有する。複数のバーナは、いずれも、空気が流通可能で筒内に空気を噴射可能な空気流路枠と、空気流路枠内に燃料を噴射可能なノズルと、を有する。

[0003] 以上のガスタービンでは、二種類の燃料で運用する場合がある。以下の特許文献1には、二種類の燃料を燃焼器に供給可能な燃料供給系が開示されている。この燃料供給系は、第一燃料が流通可能な第一燃料ラインと、第二燃料が流通可能な第二燃料ラインと、第一燃料及び第二燃料が流通可能な統合ラインと、統合ラインから分岐し、複数のノズル毎に分岐している分岐ラインと、を有する。第一燃料ライン及び第二燃料ラインは、いずれも、統合ラインの一端に接続されている。この統合ラインの一端には、三方弁が設けられている。この三方弁により、以下の三つの形態を実現できる。第一形態は、第一燃料ラインからの第一燃料のみを統合ラインに導く形態である。第二形態は、第二燃料ラインからの第二燃料のみを統合ラインに導く形態である。第三形態は、第一燃料ラインからの第一燃料及び第二燃料ラインからの第二燃料を統合ラインに導く形態である。各分岐ラインは、複数のノズルのう

ち、いずれか一のノズルに接続されている。また、各分岐ラインには、ノズル弁が設けられている。

[0004] この燃料供給系では、第一燃料と第二燃料とを同時に燃焼器に供給する場合、前述の第三形態になる。つまり、この場合、第一燃料ラインからの第一燃料及び第二燃料ラインからの第二燃料を統合ラインに導く形態になる。このため、この燃料供給システムでは、第一燃料と第二燃料とが統合ライン中で混ざり、混合燃料になった後に、燃焼器が有する複数のノズルから混合燃料が噴射される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2009-210200号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ガスタービン用の燃料として、二種類の燃料を用いる場合、ガスタービンの運転中に、第一燃料から第二燃料に切り替えることが考えられる。ガスタービンでは、このように、ガスタービンの運転中に燃料を切り替える場合でも、燃料の安定燃焼が求められる。

[0007] そこで、本開示は、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる技術を提供すること目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するための本開示に係る一態様としてのガスタービンの運転方法は、以下のガスタービンに適用される。

このガスタービンは、空気を圧縮して圧縮空気を生成可能な圧縮機と、前記圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器と、前記燃焼ガスにより駆動可能なタービンと、を備える。前記燃焼器は、燃料が燃焼可能な筒と、前記筒内に前記圧縮空気と共に燃料を噴射可能な複数のバーナと、を有する。前記複数のバーナは、第一バーナと、前記第一バーナを除く複

数の第二バーナと、を有する。前記第一バーナ及び前記複数の第二バーナは、それぞれ、空気が流通可能で前記筒内に空気を噴射可能な空気流路枠と、前記空気流路枠内に燃料を噴射可能なノズルと、を有する。

このガスタービンの運転方法では、前記燃焼器に供給する燃料を第一燃料から第二燃料に切り替える燃料切替工程を実行する。

前記燃料切替工程は、前記第一バーナの前記ノズルである第一ノズルに、前記第一燃料のみを供給し、前記複数の第二バーナ毎の前記ノズルである第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、前記第一燃料専焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、前記混焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、を含む。

[0009] 本態様では、二種類の燃料のうち、一方の燃料が他方の燃料に対して燃料特性として劣る点があっても、他方の燃料の燃焼でこれを補うことができるので、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

[0010] 上記目的を達成するための本開示に係る一態様としてのガスタービン設備は、

空気を圧縮して圧縮空気を生成可能な圧縮機と、前記圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器と、前記燃焼ガスにより駆動可能なタービンと、前記燃焼器に第一燃料及び第二燃料を供給可能な燃料供給系と、を備える。燃焼器は、燃料が燃焼可能な筒と、前記筒内に圧縮空気と共に燃料を噴射可能な複数のバーナと、を有する。前記複数のバーナは、第一バーナと、前記第一バーナを除く複数の第二バーナと、を有する。前記第一バーナ及び前記複数の第二バーナは、それぞれ、空気が流通可能で前記筒内に空気を噴射可能な空気流路枠と、前記空気流路枠内に燃料を噴射可能なノズルと、を有する。

前記燃料供給系は、前記第一燃料の供給源と接続され、前記第一燃料が流通可能な第一燃料ラインと、前記第二燃料の供給源と接続され、前記第二燃料が流通可能な第二燃料ラインと、前記第一燃料ラインに設けられている第一燃料弁と、前記第二燃料ラインに設けられている第二燃料弁と、前記第一燃料及び前記第二燃料が流通可能なヘッダラインと、前記ヘッダラインから前記複数のバーナ毎に分岐している分岐ラインと、前記ヘッダラインに設けられ、前記ヘッダラインを第一ヘッダ部と第二ヘッダ部に仕切ることができる仕切弁と、を有する。前記第一ヘッダ部からは、前記複数のバーナ毎の分岐ラインのうち、一部の分岐ラインである第一分岐ラインが分岐している。前記第一分岐ラインは、前記第一バーナの前記ノズルである第一ノズルに接続されている。前記第二ヘッダ部からは、前記複数のバーナ毎の分岐ラインのうち、前記第一分岐ラインを除く複数の第二分岐ラインが分岐している。前記複数の第二分岐ラインのそれぞれは、前記複数の第二バーナ毎の前記ノズルである第二ノズルに接続されている。前記第一燃料ラインは、前記第一ヘッダ部に接続され、前記第二燃料ラインは、前記第二ヘッダ部に接続されている。

[0011] 本態様では、第一ノズルから第一燃料を噴出させ、この第一燃料を燃焼させている最中に、第二ノズルから第二燃料を噴出させて、この第二燃料を燃焼させることができる。このため、本態様では、二種類の燃料のうち、一方の燃料が他方の燃料に対して燃料特性として劣る点があっても、他方の燃料の燃焼でこれを補うことができるので、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

発明の効果

[0012] 本開示の一態様では、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示に係る一実施形態におけるガスタービンの構成を示す模式図である。

[図2]本開示に係る一実施形態におけるガスタービンの燃焼器周りの部分断面図である。

[図3]図2におけるIII矢視図である。

[図4]本開示に係る一実施形態における制御装置の機能ブロック図である。

[図5]本開示に係る一実施形態における第一燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図6]本開示に係る一実施形態における第一燃料切替工程の変形例の内容を示す説明図である。

[図7]本開示に係る一実施形態における第二燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図8]本開示に係る一実施形態における第三燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図9]本開示に係る一実施形態における第四燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図10]第一比較例における燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図11]第二比較例における燃料切替工程の内容を示す説明図である。

[図12]本開示に係る一実施形態における第一燃料切替工程の内容を簡易に示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示に係るガスタービンの運転方法、及びこの方法を実行可能なガスタービン設備の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[0015] 「ガスタービン設備の構成」

本実施形態におけるガスタービン設備は、図1に示すように、ガスタービン1と、ガスタービン1に燃料を供給可能な燃料供給系30と、制御装置50と、を備える。

[0016] ガスタービン1は、空気Aを圧縮して圧縮空気Acomを生成可能な圧縮機10と、燃料を圧縮空気Acom中で燃焼させ燃焼ガスCGを生成可能な燃焼器20と、燃焼ガスCGにより駆動可能なタービン15と、を備えてい

る。

[0017] 圧縮機10は、ロータ軸線Arを中心として回転する圧縮機ロータ11と、圧縮機ロータ11を覆う圧縮機ケーシング12と、を有する。タービン15は、ロータ軸線Arを中心として回転するタービンロータ16と、タービンロータ16を覆うタービンケーシング17と、を有する。なお、以下では、ロータ軸線Arが延びる方向をロータ軸線方向Da、このロータ軸線方向Daの両側のうち一方側を軸線上流側Da_u、他方側を軸線下流側Da_dとする。

[0018] 圧縮機10は、タービン15に対して軸線上流側Da_uに配置されている。圧縮機ロータ11とタービンロータ16とは、同一ロータ軸線Ar上に位置し、互いに接続されてガスタービンロータ2を成す。このガスタービンロータ2には、例えば、発電機GENのロータが接続されている。

[0019] ガスタービン1は、さらに、圧縮機ケーシング12とタービンケーシング17との間に配置されている中間ケーシング3を備えている。この中間ケーシング3内には、圧縮機10からの圧縮空気A_{com}が流入する。燃焼器20は、この中間ケーシング3に取り付けられている。

[0020] 燃焼器20には、燃料供給系30が接続されている。燃焼器20は、この燃料供給系30からの燃料を、圧縮機10からの圧縮空気A_{com}中で燃焼させて燃焼ガスCGを生成可能である。

[0021] 燃焼器20は、図2に示すように、外筒21と、エンドカバー22と、内筒23と、空気孔プレート24と、燃焼筒25と、複数のバーナ群26と、を有する。外筒21、内筒23、及び燃焼筒25は、いずれも、燃焼器軸線Ac周りに筒状である。ここで、燃焼器軸線Acが延びる方向を燃焼器軸線方向Dc、この燃焼器軸線方向Dcの一方側を基端側Dc_b、この燃焼器軸線方向Dcの他方側を先端側Dc_tとする。

[0022] 外筒21の先端側Dc_tの端は、中間ケーシング3に接続されている。外筒21の基端側Dc_bの端は、エンドカバー22で塞がれている。内筒23は、外筒21の内周側に間隔をあけて配置されている。外筒21の内周側と

内筒 23 の外周側との間は、中間ケーシング 3 内に流入した圧縮空気 A c o m の流路になる。空気孔プレート 24 は、内筒 23 の内周側に配置されている。また、この空気孔プレート 24 は、エンドカバー 22 に対して、燃焼器軸線方向 D c に間隔をあけて配置されている。エンドカバー 22 と空気孔プレート 24 の間は、圧縮空気 A c o m の流路になる。この流路は、外筒 21 の内周側と内筒 23 の外周側との間の流路とつながっている。空気孔プレート 24 は、サポート等を介して、エンドカバー 22 に固定されている。内筒 23 は、空気孔プレート 24 に固定されている。空気孔プレート 24 には、燃焼器軸線方向 D c に貫通する複数の空気孔 24 h が形成されている。燃焼筒 25 は、内筒 23 の先端側 D c t に固定されている。この燃焼筒 25 の内周側は、燃料が燃焼する燃焼空間を成す。

[0023] 複数のバーナ群 26 は、図 3 に示すように、内側バーナ群 26 i と、複数の外側バーナ群 26 o と、を有する。内側バーナ群 26 i は、燃焼器軸線 A c 上に配置されている。複数の外側バーナ群 26 o は、内側バーナ群 26 i の周りに配置されている。複数のバーナ群 26 は、いずれも、第一バーナ 27 a と、複数の第二バーナ 27 b と、を有する。複数の第二バーナ 27 b は、第一バーナ 27 a の周りに配置されている。第一バーナ 27 a 及び複数の第二バーナ 27 b は、いずれも、空気が流量可能で、燃焼筒 25 内に空気を噴射可能な空気流路枠 28 と、空気流路枠 28 内に配置され空気流路枠 28 内に燃料を噴射可能なノズル 29 と、を有する。なお、以下では、第一バーナ 27 a のノズル 29 を第一ノズル 29 a、第二バーナ 27 b のノズル 29 を第二ノズル 29 b という。また、第一バーナ 27 a の空気流路枠 28 を第一空気流路枠 28 a、第二バーナ 27 b の空気流路枠 28 を第二空気流路枠 28 b という。また、図 3 では、一のバーナ群 26 は、一本の第一バーナ 27 a と、六本の第二バーナ 27 b とを有するように描かれている。しかしながら、実際には、一のバーナ群 26 は、数本の第一バーナ 27 a と、数十本の第二バーナ 27 b と、を有する。このため、本実施形態における燃焼器 20 は、マルチクラスタ燃焼器と呼ばれる。

- [0024] 各バーナ27の空気流路枠28の内周面は、前述した空気孔プレート24の複数の空気孔24hのうちのいずれかの空気孔24hの内周面で形成されている。よって、各空気流路枠28は、いずれも、空気孔プレート24の一部で形成されている。
- [0025] 図2に示すように、中間ケーシング3内に流入した圧縮空気Acomは、前述したように、外筒21の内周側と内筒23の外周側との間の流路、エンドカバー22と空気孔プレート24との間の流路を経て、複数のバーナ27毎の空気流路枠28内に流入する。複数のバーナ27毎のノズル29は、空気流路枠28内に燃料を噴射する。複数のバーナ27毎の空気流路枠28からは、空気と燃料とが燃焼筒25内に噴射される。燃焼筒25内に噴射された燃料は、同じく燃焼筒25内に噴射された空気中で、燃焼する。この燃焼で形成された燃焼ガスは、タービン15に流入する。
- [0026] 燃料供給系30は、燃焼器20へ第一燃料NG及び第二燃料HGを供給可能である。本実施形態では、第一燃料NGが天然ガスであり、第二燃料HGが水素ガスである。この燃料供給系30は、図2に示すように、第一燃料ライン31と、第二燃料ライン32と、第一燃料ライン31に設けられている第一燃料弁33と、第二燃料ライン32に設けられている第二燃料弁34と、ヘッダライン36と、ヘッダライン36に設けられている第一仕切弁37a及び第二仕切弁37bと、連結ライン35と、連結ライン35に設けられている混合率調節弁35vと、ヘッダライン36から複数のバーナ27毎に分岐している分岐ライン38と、複数のバーナ27毎の分岐ライン38に設けられているノズル弁39と、を有する。
- [0027] 第一燃料ライン31は、第一燃料NGの供給源と接続されて、第一燃料NGが流通可能なラインである。第二燃料ライン32は、第二燃料HGの供給源と接続され、第二燃料HGが流通可能なラインである。
- [0028] ヘッダライン36に設けられている第一仕切弁37aは、ヘッダライン36を第一ヘッダ部36aと第二ヘッダ部36bとに仕切ることが可能である。ヘッダライン36に設けられている第二仕切弁37bは、第二ヘッダ部3

6 b を第一ヘッダ部 3 6 a 側の第一側第二ヘッダ部 3 6 b i と、第二ヘッダ部 3 6 b の残りの部分である第二側第二ヘッダ部 3 6 b o とに仕切ることが可能である。第一燃料ライン 3 1 は、ヘッダライン 3 6 中の第一ヘッダ部 3 6 a に接続されている。第二燃料ライン 3 2 は、ヘッダライン 3 6 中の第二側第二ヘッダ部 3 6 b o に接続されている。

[0029] 第一ヘッダ部 3 6 a からは、複数のバーナ 2 7 毎の分岐ライン 3 8 のうち、一部の分岐ライン 3 8 である複数の第一分岐ライン 3 8 a が分岐している。複数の第一分岐ライン 3 8 a のそれぞれは、複数の第一バーナ 2 7 a 毎のノズル 2 9 である第一ノズル 2 9 a に接続されている。第二ヘッダ部 3 6 b からは、複数のバーナ 2 7 毎の分岐ライン 3 8 のうち、複数の第一分岐ライン 3 8 a を除く分岐ライン 3 8 である複数の第二分岐ライン 3 8 b が分岐している。複数の第二分岐ライン 3 8 b のそれぞれは、複数の第二バーナ 2 7 b 毎のノズル 2 9 である第二ノズル 2 9 b に接続されている。第二ヘッダ部 3 6 b の一部である第一側第二ヘッダ部 3 6 b i からは、複数の第二分岐ライン 3 8 b のうち、一部の第二分岐ライン 3 8 b である複数の第一側第二分岐ライン 3 8 b i が分岐している。複数の第一側第二分岐ライン 3 8 b i のそれぞれは、複数の第二ノズル 2 9 b のうち、一部の第二ノズル 2 9 b である複数の第一側第二ノズル 2 9 b i に接続されている。第二ヘッダ部 3 6 b の一部である第二側第二ヘッダ部 3 6 b o からは、複数の第二分岐ライン 3 8 b のうち、複数の第一側第二分岐ライン 3 8 b i を除く第二分岐ライン 3 8 b である複数の第二側第二分岐ライン 3 8 b o が分岐している。複数の第二側第二分岐ライン 3 8 b o のそれぞれは、複数の第二ノズル 2 9 b のうち、複数の第一側第二ノズル 2 9 b i を除く第二ノズル 2 9 b である複数の第二側第二ノズル 2 9 b o に接続されている。

[0030] 第一側第二ノズル 2 9 b i は、複数のバーナ群 2 6 のうちの内側バーナ群 2 6 i の第二ノズル 2 9 b である。第二側第二ノズル 2 9 b o は、複数のバーナ群 2 6 のうちの外側バーナ群 2 6 o の第二ノズル 2 9 b である。

[0031] 連結ライン 3 5 は、第一燃料ライン 3 1 中で、この第一燃料ライン 3 1 が

ヘッドライン36に接続されている位置と第一燃料弁33が設けられている位置との間の位置と、第二燃料ライン32中で、この第二燃料ライン32がヘッドライン36に接続されている位置と第二燃料弁34が設けられている位置との間の位置と、を接続する。

[0032] 制御装置50は、図4に示すように、発生熱量演算器51と、弁制御量演算器52と、弁信号発生器53と、を有する。発生熱量演算器51には、ガスタービン1に対する要求出力 PW_r が外部から入力する。発生熱量演算器51は、この要求出力 PW_r に応じて、燃焼器20に供給する燃料の燃焼で発生する総発熱量を求める。弁制御量演算器52には、燃料の切替指令 SS が外部から入力すると共に、発生熱量演算器51から総発熱量が入力する。弁制御量演算器52は、切替指令 SS と総発熱量とに応じて、以上で説明した複数の弁の制御量を求める。弁信号発生器53には、弁制御量演算器52から複数の弁の制御量が入力する。弁信号発生器53は、複数の弁毎の制御量に応じて、各弁に対する弁信号を作成し、この弁信号を対応する弁に送る。

[0033] この制御装置50は、燃焼器20に供給する燃料を第一燃料 NG から第二燃料 HG に切り替える燃料切替工程を実行可能である。この制御装置50は、燃料切替工程として、第一燃料切替工程、第二燃料切替工程、第三燃料切替工程、及び第四燃料切替工程を実行可能である。なお、これらの燃料切替工程の実行中、ガスタービン出力は変化しない。言い換えると、これらの燃料切替工程の実行中、燃焼器20に供給する燃料の燃焼で発生する総発熱量は変化しない。

[0034] 「本実施形態における第一燃料切替工程」

[0035] 図5を参照して、本実施形態における第一燃料切替工程について説明する。この第一燃料切替工程は、ガスタービン出力が低出力のときに、燃料を第一燃料 NG から第二燃料 HG に切り替える工程である。この第一燃料切替工程は、第一燃料専焼工程 $S1$ と、混焼工程 $S2$ と、第二燃料専焼準備工程 $S3$ と、第二燃料専焼工程 $S4$ と、を含む。なお、図5では、簡略化のため、

一部の第一ノズル 29 a、及び一部の第二ノズル 29 b を省略している。

[0036] 第一燃料専焼工程 S 1 では、制御装置 50 が、第一燃料弁 33 を開状態、第二燃料弁 34 を閉状態、第一仕切弁 37 a を閉状態、第二仕切弁 37 b を開状態、混合率調節弁 35 v を閉状態にする。この結果、第二燃料 H G は、ヘッダライン 36 に流入せず、第一燃料 N G のみがヘッダライン 36 中の第一ヘッダ部 36 a に流入する。第一ヘッダ部 36 a に流入した第一燃料 N G は、第一ヘッダ部 36 a から分岐している複数の第一分岐ライン 38 a を介して、複数の第一ノズル 29 a に流入し、複数の第一ノズル 29 a から噴出する。この際、複数の第一分岐ライン 38 a に設けられているノズル弁 39 は、全て開状態である。

[0037] 以上、この第一燃料専焼工程 S 1 では、複数の第一ノズル 29 a に第一燃料 N G のみが供給され、複数の第二ノズル 29 b には第一燃料 N G 及び第二燃料 H G が供給されない。

このため、この第一燃料専焼工程 S 1 では、第一ノズル 29 a から噴出した第一燃料 N G のみが燃焼する。

[0038] 制御装置 50 の発生熱量演算器 51 は、この第一燃料専焼工程 S 1 を実現するため、ガスタービン出力を低出力にするために、燃焼器 20 に供給する燃料の燃焼で発生する総発熱量を求める。弁制御量演算器 52 は、この総発熱量に対応する第一燃料 N G の総流量を求める。弁制御量演算器 52 は、この第一燃料 N G の総流量から、複数のノズル 29 のうちで、第一燃料 N G を供給するノズル 29 を選択すると共に、各ノズル 29 に供給する第一燃料 N G の流量を定める。ここでは、弁制御量演算器 52 は、複数のノズル 29 のうちから複数の第一ノズル 29 a を選択する。そして、弁制御量演算器 52 は、複数の第一ノズル 29 a のみに第一燃料 N G が供給されるよう、第一燃料弁 33、第二燃料弁 34、第一仕切弁 37 a、第二仕切弁 37 b、混合率調節弁 35 v の開閉状態を定めると共に、複数の第一分岐ライン 38 a に設けられている各ノズル弁 39 の弁開度を定める。弁信号発生器 53 は、複数の弁に対して、弁制御量演算器 52 が複数の弁に対して定めた内容に応じた

弁信号を作成し、各弁信号を対応する弁に送る。

[0039] 制御装置50は、第一燃料専焼工程S1後に、混焼工程S2を実行する。混焼工程S2では、制御装置50が、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を開状態、第一仕切弁37aを閉状態、第二仕切弁37bを開状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。よって、第一燃料専焼工程S1から混焼工程S2になる過程で、複数の弁のうちで、第二燃料弁34が閉状態から開状態に変わる。この結果、第一燃料NGがヘッドライン36中の第一ヘッド部36aに流入し続ける共に、第二燃料HGがヘッドライン36中の第二ヘッド部36bに流入する。第一ヘッド部36aに流入した第一燃料NGは、第一ヘッド部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、第二ヘッド部36bに流入した第二燃料HGは、第二ヘッド部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出する。このとき、第二燃料HGを噴出するノズル29の本数は、第一燃料NGを噴出するノズル29の本数よりも多い。言い換えると、第二燃料HGが噴出される空気流路枠28の総断面積は、第一燃料NGが噴出される空気流路枠28の総断面積よりも大きい。

[0040] 以上、この混焼工程S2では、複数の第一ノズル29aに第一燃料NGのみが供給され、複数の第二ノズル29bには第二燃料HGのみが供給される。このため、この混焼工程S2では、第一ノズル29aから噴出した第一燃料NGが燃焼すると共に、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGが燃焼する。

[0041] 制御装置50の弁制御量演算器52は、発生熱量演算器51が先に求めた総発熱量に対応する第一燃料NGの総流量及び第二燃料HGの総流量を求める。第一燃料専焼工程S1での総発熱量と混焼工程S2での総発熱量とが同じあるため、第二燃料HGを燃焼器20に供給する混焼工程S2での第一燃料NGの総流量は、第二燃料HGを燃焼器20に供給しない第一燃料専焼工

程 S 1 での第一燃料 N G の総流量よりも、少なくなる。弁制御量演算器 5 2 は、第一燃料 N G の総流量から、複数のノズル 2 9 のうちで、第一燃料 N G を供給するノズル 2 9 を選択すると共に、各ノズル 2 9 に供給する第一燃料 N G の流量を定める。さらに、弁制御量演算器 5 2 は、第二燃料 H G の総流量から、複数のノズル 2 9 のうちで、第二燃料 H G を供給するノズル 2 9 を選択すると共に、各ノズル 2 9 に供給する第二燃料 H G の流量を定める。ここでは、弁制御量演算器 5 2 は、複数のノズル 2 9 のうちから、第一燃料 N G を供給するノズル 2 9 として、複数の第一ノズル 2 9 a を選択する。また、弁制御量演算器 5 2 は、複数のノズル 2 9 のうちから、第二燃料 H G を供給するノズル 2 9 として、複数の第二ノズル 2 9 b を選択する。そして、弁制御量演算器 5 2 は、複数の第一ノズル 2 9 a のみに第一燃料 N G が供給され、且つ複数の第二ノズル 2 9 b のみに第二燃料 H G が供給されるよう、第一燃料弁 3 3、第二燃料弁 3 4、第一仕切弁 3 7 a、第二仕切弁 3 7 b、混合率調節弁 3 5 v の開閉状態を定める。さらに、弁制御量演算器 5 2 は、複数の第一分岐ライン 3 8 a に設けられている各ノズル弁 3 9 の弁開度、及び複数の第二分岐ライン 3 8 b に設けられている各ノズル 2 9 の弁開度を定める。

[0042] 制御装置 5 0 は、混焼工程 S 2 後に、第二燃料専焼準備工程 S 3 を実行する。この第二燃料専焼準備工程 S 3 では、制御装置 5 0 が、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一仕切弁 3 7 a を閉状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態、混合率調節弁 3 5 v を閉状態にする。よって、混焼工程 S 2 から第二燃料専焼準備工程 S 3 になる過程で、複数の弁のうちで、第一燃料弁 3 3 が開状態から閉状態に変わる。この結果、第二燃料 H G がヘッドライン 3 6 中の第二ヘッド部 3 6 b に流入し続ける一方で、第一燃料 N G がヘッドライン 3 6 に流入しなくなる。第二ヘッド部 3 6 b に流入した第二燃料 H G は、混焼工程 S 2 の際と同様に、第二ヘッド部 3 6 b から分岐している複数の第二分岐ライン 3 8 b を介して、複数の第二ノズル 2 9 b に流入し、複数の第二ノズル 2 9 b から噴出する。

[0043] 以上、この第二燃料専焼準備工程 S 3 では、複数の第一ノズル 2 9 a には第一燃料 N G 及び第二燃料 H G が供給されず、複数の第二ノズル 2 9 b には第二燃料 H G のみが供給される。このため、この第二燃料専焼準備工程 S 3 では、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G のみが燃焼する。

[0044] 制御装置 5 0 の弁制御量演算器 5 2 は、発生熱量演算器 5 1 が先に求めた総発熱量に対応する第二燃料 H G の総流量を求める。混焼工程 S 2 での総発熱量と第二燃料専焼準備工程 S 3 での総発熱量が同じあるため、第二燃料 H G のみ燃焼器 2 0 に供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 での第二燃料 H G の総流量は、第一燃料 N G 及び第二燃料 H G を燃焼器 2 0 に供給する混焼工程 S 2 で第二燃料 H G の総流量よりも、多くなる。弁制御量演算器 5 2 は、第二燃料 H G の総流量から、複数のノズル 2 9 のうちで、第二燃料 H G を供給するノズル 2 9 を選択すると共に、各ノズル 2 9 に供給する第二燃料 H G の流量を定める。ここでは、弁制御量演算器 5 2 は、複数のノズル 2 9 のうちから、第二燃料 H G を供給するノズル 2 9 として、複数の第二ノズル 2 9 b を選択する。そして、弁制御量演算器 5 2 は、複数の第二ノズル 2 9 b のみに第二燃料 H G が供給されるよう、第一燃料弁 3 3、第二燃料弁 3 4、第一仕切弁 3 7 a、第二仕切弁 3 7 b、混合率調節弁 3 5 v の開閉状態を定める。さらに、弁制御量演算器 5 2 は、複数の第二分岐ライン 3 8 b に設けられている各ノズル 2 9 の弁開度を定める。

[0045] 制御装置 5 0 は、第二燃料専焼準備工程 S 3 後に、第二燃料専焼工程 S 4 を実行する。この第二燃料専焼工程 S 4 では、制御装置 5 0 が、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一仕切弁 3 7 a を開状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態、混合率調節弁 3 5 v を閉状態にする。よって、第二燃料専焼準備工程 S 3 から第二燃料専焼工程 S 4 になる過程で、複数の弁のうちで、第一仕切弁 3 7 a が閉状態から開状態に変わる。この結果、第二燃料 H G のみがヘッダライン 3 6 の全体に流入する。ヘッダライン 3 6 に流入した第二燃料 H G は、ヘッダライン 3 6 中の第二ヘッダ部 3 6 b から分岐している複数の第二分岐ライン 3 8 b を介して、複数の第二ノズル 2 9 b に流

入し、複数の第二ノズル29bから噴出すると共に、ヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。但し、本実施形態では、複数の第一ノズル29aのうち、内側バーナ群26iが有する第一ノズル29aには第二燃料HGが供給されない。すなわち、本実施形態では、複数の第一分岐ライン38aに設けられているノズル弁39のうち、内側バーナ群26iが有する第一ノズル29aに接続されている第一分岐ライン38aのノズル弁39は、閉状態である。これは、燃焼器20に供給する第二燃料HGの総流量の制限等から、内側バーナ群26iが有する第一ノズル29aには第二燃料HGを供給すべきではないからである。このため、この第二燃料専焼工程S4では、燃焼器20に供給する第二燃料HGの総流量等によっては、図6に示すように、複数の第一分岐ライン38aに設けられているノズル弁39の全てを開状態にして、全ての第一ノズル29aに第二燃料HGを供給するようにしてもよい。

[0046] 以上、この第二燃料専焼工程S4では、複数のノズル29のうち、内側バーナ群26iが有する第一ノズル29aを除く全てのノズル29に、第二燃料HGのみが供給される。このため、この第二燃料専焼工程S4では、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HG、一部の第一燃料NGから噴出した第二燃料HGのみが燃焼する。

[0047] 第二燃料専焼工程S4での第二燃料HGの総流量は、第二燃料専焼準備工程S3での第二燃料HGの総流量と同じある。弁制御量演算器52は、第二燃料HGの総流量から、複数のノズル29のうちで、第二燃料HGを供給するノズル29を選択すると共に、各ノズル29に供給する第二燃料HGの流量を定める。ここでは、弁制御量演算器52は、複数のノズル29のうちから、第二燃料HGを供給するノズル29として、複数の第二ノズル29b、及び一部の複数の第一ノズル29aを選択する。そして、弁制御量演算器52は、複数の第二ノズル29b及び一部の複数の第一ノズル29aのみに第二燃料HGが供給されるよう、第一燃料弁33、第二燃料弁34、第一仕切

弁37a、第二仕切弁37b、混合率調節弁35vの開閉状態を定める。さらに、弁制御量演算器52は、複数の分岐ライン38に設けられている各ノズル29の開度を定める。

[0048] 「本実施形態における第一燃料切替工程の作用効果」

図10～図13を参照して、二つの比較例の作用効果、及び本実施形態における第一燃料切替工程の作用効果について説明する。二つの比較例における燃焼器は、本実施形態における燃焼器20と同じである。一方、三つの比較例における燃料供給系は、本実施形態における燃料供給系30と異なる。また、図10～図12では、説明を簡略化するため、一つの外側バーナ群26oにおける第一ノズル29a及び一部の第二ノズル29bのみを描いている。

[0049] (1) 第一比較例

図10を参照して、第一比較例について説明する。

[0050] 第一比較例における燃料供給系30xは、第一燃料NGが流通可能な第一燃料ライン31xと、第二燃料HGが流通可能な第二燃料ライン32xと、第一燃料NG及び第二燃料HGが流通可能な統合ライン36xと、統合ライン36xから分岐し、複数のノズル29毎に分岐している分岐ライン38と、を有する。第一燃料ライン31x及び第二燃料ライン32xは、いずれも、統合ライン36xの一端に接続されている。第一燃料ライン31xには、第一燃料弁33が設けられ、第二燃料ライン32xには、第二燃料弁34が設けられている。複数のノズル29毎に分岐している分岐ライン38には、ノズル弁39が設けられている。複数のノズル29毎に分岐している分岐ライン38の一部は、第一ノズル29aに接続されている第一分岐ライン38aを成し、他の分岐ライン38は、第二ノズル29bに接続されている第二分岐ライン38bを成す。

[0051] 第一比較例における燃料供給系30xでは、第一燃料弁33及び第二燃料弁34を開状態にすると、第一燃料弁33を経た第一燃料NGと第二燃料弁34を経た第二燃料HGとが統合ライン36x中で必ず混ざることになる。

このため、第一比較例における燃料供給系 30x では、第一燃料弁 33 及び第二燃料弁 34 を開状態にすると、複数のノズル 29 のうち一部のノズル 29 に第一燃料 NG のみを供給し、残りのノズル 29 に第二燃料 HG のみを供給することができない。

[0052] 第一比較例における燃料切替工程は、第一燃料専焼工程 S1x と、混焼準備工程 S2x と、混合燃料混焼工程 S3x と、第二燃料専焼工程 S4x と、を含む。なお、この第一比較例における燃料切替工程の実行中でも、ガスタービン出力は変化しない。言い換えると、これらの燃料切替工程の実行中、燃焼器に供給する燃料の燃焼で発生する総発熱量は変化しない。

[0053] 第一燃料専焼工程 S1x では、第一燃料弁 33 を開状態、第二燃料弁 34 を閉状態、第一分岐ライン 38a のノズル弁 39 を開状態、第二分岐ライン 38b のノズル弁 39 を閉状態にする。この結果、第二燃料 HG は、統合ライン 36x に流入せず、第一燃料 NG のみが統合ライン 36x に流入する。統合ライン 36x に流入した第一燃料 NG は、第一分岐ライン 38a を介して第一ノズル 29a のみに流入する。

[0054] この第一燃料専焼工程 S1 では、第一ノズル 29a に第一燃料 NG のみが供給され、複数の第二ノズル 29b には第一燃料 NG 及び第二燃料 HG が供給されない。このため、この第一燃料専焼工程 S1x では、本実施形態における第一燃料切替工程の第一燃料専焼工程 S1 と同様、第一ノズル 29a から噴出した第一燃料 NG のみが燃焼する。

[0055] 混焼準備工程 S2x では、第一燃料弁 33 を開状態、第二燃料弁 34 を閉状態、第一分岐ライン 38a のノズル弁 39 を開状態、第二分岐ライン 38b のノズル弁 39 を開状態にする。よって、第一燃料専焼工程 S1x から混焼準備工程 S2x になる過程で、第二分岐ライン 38b のノズル弁 39 が閉状態から開状態に変わる。この結果、統合ライン 36x に流入した第一燃料 NG は、第一分岐ライン 38a を介して第一ノズル 29a に流入すると共に、第二分岐ライン 38b を介して第二ノズル 29b にも流入する。

[0056] この混焼準備工程 S2x では、第一ノズル 29a 及び複数の第二ノズル 2

9 b に、第一燃料 N G のみが供給される。このため、この混焼準備工程 S 2 x では、第一ノズル 2 9 a 及び複数の第二ノズル 2 9 b から噴出した第一燃料 N G のみが燃焼する。

[0057] 混合燃料混焼工程 S 3 x は、第一燃料弁 3 3 を開状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一分岐ライン 3 8 a のノズル弁 3 9 を開状態、第二分岐ライン 3 8 b のノズル弁 3 9 を開状態にする。よって、混焼準備工程 S 2 x から混合燃料混焼工程 S 3 x になる過程で、第二燃料弁 3 4 が閉状態から開状態に変わる。この結果、統合ライン 3 6 x には、第一燃料 N G 及び第二燃料 H G が流入する。統合ライン 3 6 x に流入した第一燃料 N G 及び第二燃料 H G は、ここで混ぜり合い、混合燃料になる。統合ライン 3 6 x 内の混合燃料は、第一分岐ライン 3 8 a を介して第一ノズル 2 9 a に流入すると共に、第二分岐ライン 3 8 b を介して第二ノズル 2 9 b にも流入する。

[0058] この混合燃料混焼工程 S 3 x では、第一ノズル 2 9 a 及び複数の第二ノズル 2 9 b に、混合燃料が供給される。このため、この混合燃料混焼工程 S 3 x では、第一ノズル 2 9 a 及び複数の第二ノズル 2 9 b から噴出した混合燃料が燃焼する。

[0059] 第二燃料専焼工程 S 4 x では、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一分岐ライン 3 8 a のノズル弁 3 9 を開状態、第二分岐ライン 3 8 b のノズル弁 3 9 を開状態にする。よって、混合燃料混焼工程 S 3 x から第二燃料専焼工程 S 4 x になる過程で、第一燃料弁 3 3 が開状態から閉状態に変わる。この結果、統合ライン 3 6 x には、第二燃料 H G のみが流入し、第一燃料 N G は流入しなくなる。統合ライン 3 6 x に流入した第二燃料 H G は、第一分岐ライン 3 8 a を介して第一ノズル 2 9 a に流入すると共に、第二分岐ライン 3 8 b を介して第二ノズル 2 9 b にも流入する。

[0060] この第二燃料専焼工程 S 4 x では、第一ノズル 2 9 a 及び複数の第二ノズル 2 9 b に、第二燃料 H G のみが供給される。このため、この第二燃料専焼工程 S 4 x では、本実施形態における第一燃料切替工程の第二燃料専焼工程 S 4 と同様、第一ノズル 2 9 a 及び複数の第二ノズル 2 9 b から噴出した第

二燃料HGのみが燃焼する。

[0061] ところで、第一燃料NGである天然ガスは、第二燃料HGである水素ガスと比べて、燃空比が低い場合、燃焼性が悪くなり、燃焼ガス中の未燃分が多くなるという特性がある。

一方、第二燃料HGである水素ガスは、第一燃料NGである天然ガスと比べて、燃空比が高い場合、逆火する可能性が非常に高まるという特性がある。但し、水素ガスは、天然ガスと比べて、燃空比が低くても燃焼性が悪化しない。また、天然ガスは、水素ガスと比べて、燃空比が高くても逆火の可能性があまり高くない。

[0062] すなわち、天然ガスは、燃空比が低い場合、燃焼性が悪いという特性がある一方で、燃空比が高い場合でも、逆火の可能性があまり高まらないという特性がある。また、水素ガスは、燃空比が低い場合でも、燃焼性があまり悪化しないという特性がある一方で、燃空比が高い場合、逆火の可能性が非常に高まるという特性がある。

[0063] 以上で説明した第一比較例における第一燃料切替工程では、第一燃料専焼工程S1xで、第一ノズル29aのみから第一燃料NGのみを噴射し、第二ノズル29bからは第一燃料NGも第二燃料HGも噴射しない。また、混焼準備工程S2xでは、第一ノズル29a及び複数の第二ノズル29bから第一燃料NGを噴射する。すなわち、第一燃料専焼工程S1でも混焼準備工程S2xでも、第一燃料NGのみが噴射される。

[0064] 前述したように、燃料切替工程の実行中、燃焼器に供給する燃料の燃焼で発生する総発熱量は変化しない。このため、混焼準備工程S2xで燃焼器に供給する第一燃料NGの流量は、第一燃料専焼工程S1xで燃焼器に供給する第一燃料NGの流量と同じである。一方、混焼準備工程S2xで第一燃料NGを噴射するノズル29の本数は、第一燃料専焼工程S1xで第一燃料NGを噴射するノズル29の本数よりも多い。よって、混焼準備工程S2xでの第一燃料NGに関する燃空比は、第一燃料専焼工程S1xでの第一燃料NGに関する燃空比よりも低くなる。前述したように、第一燃料NGである天

然ガスは、燃空比が低い場合、燃焼性が悪いという特性がある。このため、混焼準備工程 S 2 x では、燃料の燃焼性が悪くなる。

[0065] 以上のように、第一比較例における燃料切替工程を実行した場合、第一燃料 NG から第二燃料 HG に切り替える過程で、一時的に、燃料の燃焼性が悪くなる。

[0066] (2) 第二比較例

図 11 を参照して、第二比較例について説明する。

[0067] 第二比較例における燃料供給系 30 z は、第一燃料 NG が流通可能な第一燃料ライン 31 z と、第二燃料 HG が流通可能な第二燃料ライン 32 z と、第二燃料ライン 32 z から複数の第二ノズル 29 b 毎に分岐している第二分岐ライン 38 b と、を有する。第一燃料ライン 31 z は第一ノズル 29 a に接続されている。この第一燃料ライン 31 z には、第一燃料弁 33 及び第一ノズル 29 a 用のノズル弁 39 が設けられている。第二燃料ライン 32 z は、第一燃料ライン 31 z から完全に独立している。第二燃料ライン 32 z には、第二燃料弁 34 が設けられている。複数の第二ノズル 29 b 毎の第二分岐ライン 38 b には、ノズル弁 39 が設けられている。

[0068] 第二比較例における燃料供給系 30 z では、第一燃料ライン 31 z に対して第二燃料ライン 32 z が完全に独立したため、第一燃料弁 33 及び第二燃料弁 34 を開状態にしても、第一燃料 NG と第二燃料 HG とが混ざることがない。また、第二比較例における燃料供給系 30 z では、第一燃料 NG は、専ら第一ノズル 29 a にのみ流入可能であり、第二燃料 HG は、専ら第二ノズル 29 b にのみ流入可能である。

[0069] 第二比較例における燃料切替工程は、第一燃料専焼工程 S 1 z と、混焼工程 S 2 z と、第二燃料専焼工程 S 4 z と、を含む。

[0070] 第一燃料専焼工程 S 1 z では、第一燃料弁 33 を開状態、第一ノズル 29 a 用のノズル弁 39 を開状態、第二燃料弁 34 を閉状態、第二分岐ライン 38 b のノズル弁 39 を閉状態にする。この結果、第一ノズル 29 a には第一燃料 NG のみが供給され、第二ノズル 29 b には第一燃料 NG 及び第二燃料

HGは供給されない。このため、この第一燃料専焼工程S1zでは、第一ノズル29aから噴出した第一燃料NGのみが燃焼する。

[0071] 混焼工程S2zでは、第一燃料弁33を開状態、第一ノズル29a用のノズル弁39を開状態、第二燃料弁34を開状態、第二分岐ライン38bのノズル弁39を開状態にする。よって、第一燃料専焼工程S1zから混焼工程S2zになる過程で、第二燃料弁34が閉状態から開状態に変わり、第二分岐ライン38bのノズル弁39が閉状態から開状態に変わる。この結果、第一燃料NGは、第一ノズル29aのみに供給され、第二燃料HGは、複数の第二ノズル29bのみに供給される。このため、この混焼工程S2zでは、第一ノズル29aから噴出した第一燃料NGが燃焼すると共に、複数の第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGが燃焼する。

[0072] 第二燃料専焼工程S3zでは、第一燃料弁33を閉状態、第一ノズル29a用のノズル弁39を閉状態、第二燃料弁34を開状態、第二分岐ライン38bのノズル弁39を開状態にする。よって、混焼工程S2zから第二燃料専焼工程S3zになる過程で、第一燃料弁33が開状態から閉状態に変わり、第一ノズル29a用のノズル弁39が開状態から閉状態に変わる。この結果、第二ノズル29bには第二燃料HGのみが供給され、第一ノズル29aには第一燃料NG及び第二燃料HGは供給されない。

[0073] 第二比較例では、第二ノズル29bには第一燃料NGを供給できないため、第一ノズル29aにのみ第一燃料NGを供給して、第一燃料専焼工程S1zを実行する。このため、第二比較例では、第一燃料NGの専焼のみで、ガスタービン出力を高めようとしても、ノズル29の総本数に見合うだけのガスタービン出力を得ることができない。また、第二比較例では、第一ノズル29aには第二燃料HGを供給できないため、第二ノズル29bにのみ第二燃料HGを供給して、第二燃料専焼工程S3zを実行する。このため、第二比較例では、第二燃料HGの専焼のみで、ガスタービン出力を高めようとしても、ノズル29の総本数に見合うだけのガスタービン出力を得ることができない。すなわち、第二比較例では、第一燃料NGと第二燃料HGとのうち

一方の燃料の専焼で、ガスタービン出力を高めようとしても、ノズル 29 の総本数に見合うだけのガスタービン出力を得ることができない。

[0074] (4) 本実施形態における第一燃料切替工程

本実施形態における第一燃料切替工程について、図 13 を参照して、改めて簡単に説明する。

[0075] 第一燃料専焼工程 S1 では、第一燃料弁 33 を開状態、第二燃料弁 34 を閉状態、第一仕切弁 37 a を閉状態にする。この結果、第二燃料 HG は、ヘッドライン 36 に流入せず、第一燃料 NG のみがヘッドライン 36 中の第一ヘッド部 36 a に流入する。第一ヘッド部 36 a に流入した第一燃料 NG は、第一ヘッド部 36 a から分岐している複数の第一分岐ライン 38 a を介して、複数の第一ノズル 29 a に流入し、複数の第一ノズル 29 a から噴出する。この第一燃料専焼工程 S1 では、複数の第一ノズル 29 a に第一燃料 NG のみが供給され、複数の第二ノズル 29 b には第一燃料 NG 及び第二燃料 HG が供給されない。このため、この第一燃料専焼工程 S1 では、第一ノズル 29 a から噴出した第一燃料 NG のみが燃焼する。

[0076] 混焼工程 S2 では、第一燃料弁 33 を開状態、第二燃料弁 34 を開状態、第一仕切弁 37 a を閉状態にする。この結果、第一燃料 NG がヘッドライン 36 中の第一ヘッド部 36 a に流入し続ける共に、第二燃料 HG がヘッドライン 36 中の第二ヘッド部 36 b に流入する。第一ヘッド部 36 a に流入した第一燃料 NG は、第一ヘッド部 36 a から分岐している複数の第一分岐ライン 38 a を介して、複数の第一ノズル 29 a に流入し、複数の第一ノズル 29 a から噴出する。また、第二ヘッド部 36 b に流入した第二燃料 HG は、第二ヘッド部 36 b から分岐している複数の第二分岐ライン 38 b を介して、複数の第二ノズル 29 b に流入し、複数の第二ノズル 29 b から噴出する。この混焼工程 S2 では、複数の第一ノズル 29 a に第一燃料 NG のみが供給され、複数の第二ノズル 29 b には第二燃料 HG のみが供給される。このため、この混焼工程 S2 では、第一ノズル 29 a から噴出した第一燃料 NG が燃焼すると共に、第二ノズル 29 b から噴出した第二燃料 HG が燃焼す

る。このとき、前述したように、第二燃料HGを噴出するノズル29の本数は、第一燃料NGを噴出するノズル29の本数よりも多い。言い換えると、第二燃料HGが噴出される空気流路枠28の総断面積は、第一燃料NGが噴出される空気流路枠28の総断面積よりも大きい。

[0077] 前述したように、第一燃料専焼工程S1での総発熱量と混焼工程S2での総発熱量とが同じあるため、第二燃料HGを燃焼器20に供給する混焼工程S2での第一燃料NGの総流量は、第二燃料HGを燃焼器20に供給しない第一燃料専焼工程S1での第一燃料NGの総流量よりも、少なくなる。よって、混焼工程S2での第一燃料NGに関する燃空比は、第一燃料専焼工程S1での第一燃料NGに関する燃空比よりも低くなる。前述したように、第一燃料NGである天然ガスは、燃空比が低い場合、燃焼性が悪いという特性がある。よって、この工程で、仮に、第一燃料NGのみを燃焼させる場合には、この工程での燃料の燃焼性が悪化する。しかしながら、この混焼工程S2では、第一ノズル29aから噴出した第一燃料NGである天然ガスが燃焼中に、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGである水素ガスも燃焼する。このため、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGである水素ガスの燃焼により、第一燃料NGである天然ガスの燃焼性が補われ、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0078] 第二燃料専焼準備工程S3では、第一燃料弁33を閉状態、第二燃料弁34を開状態、第一仕切弁37aを閉状態にする。この結果、第二燃料HGがヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bに流入し続ける一方で、第一燃料NGがヘッダライン36に流入しなくなる。第二ヘッダ部36bに流入した第二燃料HGは、混焼工程S2の際と同様に、第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出する。このため、この第二燃料専焼準備工程S3では、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGのみが燃焼する。

[0079] 第二燃料専焼工程S4では、第一燃料弁33を閉状態、第二燃料弁34を

開状態、第一仕切弁37aを開状態にする。この結果、第二燃料HGのみがヘッダライン36の全体に流入する。ヘッダライン36に流入した第二燃料HGは、ヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出すると共に、ヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。このため、この第二燃料専焼工程S4では、第二ノズル29b及び複数の第一ノズル29aから噴出した第二燃料HGのみが燃焼する。

[0080] 以上のように、本実施形態では、燃料の切替過程で、第一燃料NGである天然ガスに関する燃空比が低くなる場合でも、この第一燃料NGが燃焼中に第二燃料HGも燃焼するので、第一燃料NGである天然ガスの燃焼性が補われ、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0081] 「本実施形態における第二燃料切替工程」

図7を参照して、本実施形態における第二燃料切替工程について説明する。この第二燃料切替工程も、第一燃料切替工程と同様、ガスタービン出力が低出力のときに、燃料を第一燃料NGから第二燃料HGに切り替える工程である。但し、この第二燃料切替工程の際のガスタービン出力は、第一燃料切替工程の際のガスタービン出力よりも僅かに高い。この第二燃料切替工程も、第一燃料切替工程と同様、第一燃料専焼工程S1aと、混焼工程S2aと、第二燃料専焼準備工程S3aと、第二燃料専焼工程S4aと、を含む。なお、図7でも、簡略化のため、一部の第一ノズル29a、及び一部の第二ノズル29bを省略している。

[0082] 第一燃料専焼工程S1aでは、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を閉状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを閉状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。第一燃料切替工程の第一燃料専焼工程S1では、第一仕切弁37aを閉状態、第二仕切弁37bを開状態にするが、この第一燃料専焼工程S1aでは、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを

閉状態にする。この結果、第二燃料HGは、ヘッダライン36に流入せず、第一燃料NGのみがヘッダライン36中の第一ヘッダ部36a及び第一側第二ヘッダ部36biに流入する。第一ヘッダ部36aに流入した第一燃料NGは、第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、第一側第二ヘッダ部36biに流入した第一燃料NGは、第一側第二ヘッダ部36biから分岐している複数の第一側第二分岐ライン38biを介して、第二ノズル29bのうち、内側バーナ群26iの第二ノズル29bである、第一側第二ノズル29biに流入する。

[0083] 以上、この第一燃料専焼工程S1aでは、複数の第一ノズル29a及び第一側第二ノズル29biに第一燃料NGのみが供給され、複数の第二側第二ノズル29boには第一燃料NG及び第二燃料HGが供給されない。このため、この第一燃料専焼工程S1aでは、第一ノズル29a及び第一側第二ノズル29biから噴出した第一燃料NGのみが燃焼する。

[0084] 混焼工程S2aでは、第一燃料切替工程の混焼工程S2と同様、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を開状態、第一仕切弁37aを閉状態、第二仕切弁37bを開状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。この結果、第一燃料NGがヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aに流入し続ける共に、第二燃料HGがヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bに流入する。第一ヘッダ部36aに流入した第一燃料NGは、第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、第二ヘッダ部36bに流入した第二燃料HGは、第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出する。このとき、第二燃料HGを噴出するノズル29の本数は、第一燃料NGを噴出するノズル29の本数よりも多い。言い換えると、第二燃料HGが噴出される空気流路枠28の総断面積は、第一燃料NGが噴出される空気流路枠28の総断面積よりも大きい。

[0085] 以上、この混焼工程 S 2 a では、複数の第一ノズル 2 9 a に第一燃料 N G のみが供給され、複数の第二ノズル 2 9 b には第二燃料 H G のみが供給される。このため、この混焼工程 S 2 a では、第一ノズル 2 9 a から噴出した第一燃料 N G が燃焼すると共に、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G が燃焼する。

[0086] 第二燃料専焼準備工程 S 3 a では、第一燃料切替工程の第二燃料専焼準備工程 S 3 と同様、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一仕切弁 3 7 a を閉状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態、混合率調節弁 3 5 v を閉状態にする。この結果、第二燃料 H G がヘッダライン 3 6 中の第二ヘッダ部 3 6 b に流入し続ける一方で、第一燃料 N G がヘッダライン 3 6 に流入しなくなる。第二ヘッダ部 3 6 b に流入した第二燃料 H G は、混焼工程 S 2 a の際と同様に、第二ヘッダ部 3 6 b から分岐している複数の第二分岐ライン 3 8 b を介して、複数の第二ノズル 2 9 b に流入し、複数の第二ノズル 2 9 b から噴出する。

[0087] 以上、この第二燃料専焼準備工程 S 3 a では、複数の第一ノズル 2 9 a には第一燃料 N G 及び第二燃料 H G が供給されず、複数の第二ノズル 2 9 b には第二燃料 H G のみが供給される。このため、この第二燃料専焼準備工程 S 3 a では、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G のみが燃焼する。

[0088] 第二燃料専焼工程 S 4 a では、第一燃料切替工程の第二燃料専焼工程 S 4 と同様、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一仕切弁 3 7 a を開状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態、混合率調節弁 3 5 v を閉状態にする。この結果、第二燃料 H G のみがヘッダライン 3 6 の全体に流入する。ヘッダライン 3 6 に流入した第二燃料 H G は、ヘッダライン 3 6 中の第二ヘッダ部 3 6 b から分岐している複数の第二分岐ライン 3 8 b を介して、複数の第二ノズル 2 9 b に流入し、複数の第二ノズル 2 9 b から噴出すると共に、ヘッダライン 3 6 中の第一ヘッダ部 3 6 a から分岐している複数の第一分岐ライン 3 8 a を介して、複数の第一ノズル 2 9 a に流入し、複数の第一ノズル 2 9 a から噴出する。但し、この第二燃料専焼工程 S 4 a でも、第一燃料切

替工程の第二燃料専焼工程 S 4 と同様、燃焼器 2 0 に供給する第二燃料 H G の総流量等に関係から、複数の第一ノズル 2 9 a のうち、内側バーナ群 2 6 i が有する第一ノズル 2 9 a には第二燃料 H G が供給されない。但し、この第二燃料専焼工程 S 4 a でも、燃焼器 2 0 に供給する第二燃料 H G の総流量等によっては、図 6 を参照して説明したように、複数の第一分岐ライン 3 8 a に設けられているノズル弁 3 9 の全てを開状態にして、全ての第一ノズル 2 9 a に第二燃料 H G を供給するようにしてもよい。

[0089] 以上、この第二燃料専焼工程 S 4 a では、複数のノズル 2 9 のうち、内側バーナ群 2 6 i が有する第一ノズル 2 9 a を除く全てのノズル 2 9 に、第二燃料 H G のみが供給される。このため、この第二燃料専焼工程 S 4 a では、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G、一部の第一ノズル 2 9 a から噴出した第二燃料 H G のみが燃焼する。

[0090] 第二燃料切替工程の混焼工程 S 2 a での第一燃料 N G に関する燃空比も、第一燃料切替工程の混焼工程 S 2 での第一燃料 N G に関する燃空比と同様、第一燃料専焼工程 S 1 a での第一燃料 N G に関する燃空比よりも低くなる。しかしながら、この混焼工程 S 2 a でも、第一ノズル 2 9 a から噴出した第一燃料 N G である天然ガスが燃焼中に、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G である水素ガスも燃焼する。このため、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G である水素ガスの燃焼により、第一燃料 N G である天然ガスの燃焼性が補われ、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0091] よって、本実施形態における第二燃料切替工程でも、第一燃料切替工程と同様、燃料の切替過程で、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0092] また、本実施形態の燃料供給系 3 0 は、ヘッダライン 3 6 を仕切る弁として第一仕切弁 3 7 a と第二仕切弁 3 7 b とを有することで、ヘッダライン 3 6 を二つに仕切る位置を変更することができる。このため、第二燃料切替工程の第一燃料専焼工程 S 1 a で、第一燃料 N G を噴出するノズル 2 9 の本数を、第一燃料切替工程の第一燃料専焼工程 S 1 で、第一燃料 N G を噴出するノズル 2 9 の本数と変えることができる。よって、本実施形態では、第一燃料

NGを専焼している場合での低出力帯で出力変更に柔軟に対応することができる。

[0093] 「本実施形態における第三燃料切替工程」

図8を参照して、本実施形態における第三燃料切替工程について説明する。この第二燃料切替工程も、第二燃料切替工程と同様、ガスタービン出力が低出力のときに、燃料を第一燃料NGから第二燃料HGに切り替える工程である。この第三燃料切替工程も、第一燃料切替工程及び第二燃料切替工程と同様、第一燃料専焼工程S1bと、混焼工程S2bと、第二燃料専焼準備工程S3bと、第二燃料専焼工程S4bと、を含む。なお、図8でも、簡略化のため、一部の第一ノズル29a、及び一部の第二ノズル29bを省略している。

[0094] 第一燃料専焼工程S1bでは、第二燃料切替工程の第一燃料専焼工程S1aと同様、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を閉状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを閉状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。この結果、第二燃料HGは、ヘッダライン36に流入せず、第一燃料NGのみがヘッダライン36中の第一ヘッダ部36a及び第一側第二ヘッダ部36biに流入する。第一ヘッダ部36aに流入した第一燃料NGは、第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、第一側第二ヘッダ部36biに流入した第一燃料NGは、第一側第二ヘッダ部36biから分岐している複数の第一側第二分岐ライン38biを介して、第二ノズル29bのうち、内側バーナ群26iの第二ノズル29bである、第一側第二ノズル29biに流入する。このため、この第一燃料専焼工程S1bでは、第一ノズル29a及び第一側第二ノズル29biから噴出した第一燃料NGのみが燃焼する。

[0095] 混焼工程S2bでは、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を開状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを閉状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。第一燃料切替工程の混焼工程S2及び第二燃料切替工

程の混焼工程 S 2 a では、第一仕切弁 3 7 a を閉状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態にするが、この混焼工程 S 2 b では、第一仕切弁 3 7 a を開状態、第二仕切弁 3 7 b を閉状態にする。この結果、第一燃料 N G がヘッダライン 3 6 中の第一ヘッダ部 3 6 a 及び第一側第二ヘッダ部 3 6 b i に流入し続ける。第一ヘッダ部 3 6 a に流入した第一燃料 N G は、第一ヘッダ部 3 6 a から分岐している複数の第一分岐ライン 3 8 a を介して、複数の第一ノズル 2 9 a に流入し、複数の第一ノズル 2 9 a から噴出する。また、第一側第二ヘッダ部 3 6 b i に流入した第一燃料 N G は、第一側第二ヘッダ部 3 6 b i から分岐している複数の第一側第二分岐ライン 3 8 b i を介して、第二ノズル 2 9 b のうち、内側バーナ群 2 6 i の第二ノズル 2 9 b である、第一側第二ノズル 2 9 b i に流入する。また、第二燃料 H G は、ヘッダライン 3 6 中の第二側第二ヘッダ部 3 6 b o に流入する。第二側第二ヘッダ部 3 6 b o に流入した第二燃料 H G は、第二側第二ヘッダ部 3 6 b o から分岐している複数の第二側第二分岐ライン 3 8 b o を介して、第二ノズル 2 9 b のうち、複数の外側バーナ群 2 6 o の第二ノズル 2 9 b である、第二側第二ノズル 2 9 b o に流入する。この混焼工程 S 2 b では、複数の第一ノズル 2 9 a 及び第一側第二ノズル 2 9 b i から噴射した第一燃料 N G が燃焼し、複数の第二側第二ノズル 2 9 b o から噴射した第二燃料 H G が燃焼する。このとき、第二燃料 H G を噴出するノズル 2 9 の本数は、第一燃料 N G を噴出するノズル 2 9 の本数よりも多い。言い換えると、第二燃料 H G が噴出される空気流路枠 2 8 の総断面積は、第一燃料 N G が噴出される空気流路枠 2 8 の総断面積よりも大きい。

[0096] 第二燃料専焼準備工程 S 3 b では、第一燃料切替工程の第二燃料専焼準備工程 S 3 及び第二燃料切替工程の第二燃料専焼準備工程 S 3 a と同様、第一燃料弁 3 3 を閉状態、第二燃料弁 3 4 を開状態、第一仕切弁 3 7 a を閉状態、第二仕切弁 3 7 b を開状態、混合率調節弁 3 5 v を閉状態にする。この結果、第二燃料 H G がヘッダライン 3 6 中の第二ヘッダ部 3 6 b の全体に流入し、第一燃料 N G がヘッダライン 3 6 に流入しなくなる。第二ヘッダ部 3 6

bに流入した第二燃料HGは、第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出する。この第二燃料専焼準備工程S3bでは、複数の第一ノズル29aには第一燃料NG及び第二燃料HGが供給されず、複数の第二ノズル29bには第二燃料HGのみが供給される。このため、この第二燃料専焼準備工程S3bでは、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HGのみが燃焼する。

[0097] 第二燃料専焼工程S4bでは、第一燃料切替工程の第二燃料専焼工程S4及び第二燃料切替工程の第二燃料専焼工程S4aと同様、第一燃料弁33を閉状態、第二燃料弁34を開状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを開状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。この結果、第二燃料HGのみがヘッダライン36の全体に流入する。ヘッダライン36に流入した第二燃料HGは、ヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、複数の第二ノズル29bに流入し、複数の第二ノズル29bから噴出すると共に、ヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。但し、この第二燃料専焼工程S4bでも、第一燃料切替工程の第二燃料専焼工程S4及び第二燃料切替工程の第二燃料専焼工程S4aと同様、燃焼器20に供給する第二燃料HGの総流量等に関係から、複数の第一ノズル29aのうち、内側バーナ群26iが有する第一ノズル29aには第二燃料HGが供給されない。この第二燃料専焼工程S4bでも、第二ノズル29bから噴出した第二燃料HG、一部の第一ノズル29aから噴出した第二燃料HGのみが燃焼する。但し、この第二燃料専焼工程S4bでも、燃焼器20に供給する第二燃料HGの総流量等によっては、図6を参照して説明したように、複数の第一分岐ライン38aに設けられているノズル弁39の全てを開状態にして、全ての第一ノズル29aに第二燃料HGを供給するようにしてもよい。

[0098] 第三燃料切替工程の混焼工程 S 2 b での第一燃料 N G に関する燃空比も、第一燃料切替工程の混焼工程 S 2 及び第二燃料切替工程の混焼工程 S 2 a での第一燃料 N G に関する燃空比と同様、第一燃料専焼工程 S 1 b での第一燃料 N G に関する燃空比よりも低くなる。

しかしながら、この混焼工程 S 2 b でも、第一ノズル 2 9 a から噴出した第一燃料 N G である天然ガスが燃焼中に、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G である水素ガスも燃焼する。このため、第二ノズル 2 9 b から噴出した第二燃料 H G である水素ガスの燃焼により、第一燃料 N G である天然ガスの燃焼性が補われ、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0099] よって、本実施形態における第三燃料切替工程でも、第一燃料切替工程と同様、燃料の切替過程で、燃料の燃焼性の悪化を抑えることができる。

[0100] また、本実施形態の燃料供給系 3 0 は、ヘッダライン 3 6 を仕切る弁として第一仕切弁 3 7 a と第二仕切弁 3 7 b とを有することで、ヘッダライン 3 6 を二つに仕切る位置を変更することができる。このため、第三燃料切替工程の混焼工程 S 2 b で、第一燃料 N G を噴出するノズル 2 9 の本数を、第二燃料切替工程の混焼工程 S 2 b で、第一燃料 N G を噴出するノズル 2 9 の本数に対して変えることができる。よって、本実施形態では、混焼工程 S 2 b で、第一燃料 N G の燃焼性に対する、第二燃料 H G の燃焼による影響量を変更することができる。

[0101] 「本実施形態における第四燃料切替工程」

図 9 を参照して、本実施形態における第四燃料切替工程について説明する。この第四燃料切替工程は、ガスタービン出力が高出力のときに、燃料を第一燃料 N G から第二燃料 H G に切り替える工程である。この第四燃料切替工程は、第一燃料専焼工程 S 1 c と、混合燃料混焼工程 S 2 c と、第二燃料専焼工程 S 4 c と、を含む。なお、図 9 でも、簡略化のため、一部の第一ノズル 2 9 a、及び一部の第二ノズル 2 9 b を省略している。また、ここでの高出力は、例えば、ガスタービンの定格出力の 5 0 % 以上である。但し、このパーセントは、ガスタービンが変われば変わる。つまり、あるガスタービン

では、高出力が、例えば、このガスタービンの定格出力の75%以上である場合もある。

[0102] 第一燃料専焼工程S1cでは、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を閉状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを開状態、混合率調節弁35vを閉状態にする。この結果、第二燃料HGは、ヘッダライン36に流入せず、第一燃料NGのみがヘッダライン36に流入する。ヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aに流入した第一燃料NGは、第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、ヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bに流入した第一燃料NGは、第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、第二ノズル29bに流入する。

[0103] 以上、この第一燃料専焼工程S1cでは、全てのノズル29に第一燃料NGのみが供給される。このため、この第一燃料専焼工程S1cでは、全てのノズル29から噴出した第一燃料NGのみが燃焼する。

[0104] 混合燃料混焼工程S2cでは、第一燃料弁33を開状態、第二燃料弁34を閉状態、第一仕切弁37aを開状態、第二仕切弁37bを開状態、混合率調節弁35vを開状態にする。仮に、第二燃料供給源からの第二燃料HGの供給圧力が、第一燃料供給源からの第一燃料NGの供給圧力より高い場合、第二燃料HGは、第二燃料ライン32から、連結ライン35及び混合率調節弁35vを介して、第一燃料ライン31に流入し、ここで、第一燃料NGと混ざり合い、混合燃料になる。この混合燃料は、ヘッダライン36に流入する。

ヘッダライン36中の第一ヘッダ部36aに流入した混合燃料は、第一ヘッダ部36aから分岐している複数の第一分岐ライン38aを介して、複数の第一ノズル29aに流入し、複数の第一ノズル29aから噴出する。また、ヘッダライン36中の第二ヘッダ部36bに流入した混合燃料は、第二ヘッダ部36bから分岐している複数の第二分岐ライン38bを介して、第二ノ

ズル 29 b に流入する。

[0105] 以上、この混合燃料混焼工程 S 2 c では、全てのノズル 29 に混合燃料が供給される。

このため、この混合燃料混焼工程 S 2 c では、全てのノズル 29 から噴出した混合燃料が燃焼する。

[0106] なお、前述したように、第二燃料供給源からの第二燃料 H G の供給圧力が、第一燃料供給源からの第一燃料 N G の供給圧力より高い場合、第二燃料 H G の一部が、第二燃料ライン 32 から、連結ライン 35 及び混合率調節弁 35 v を介して、第一燃料ライン 31 に流入し、ここで、第一燃料 N G と混ざり合い、混合燃料になる。しかしながら、第二燃料 H G の他の一部は、第二燃料ライン 32 から直接ヘッダライン 36 に流入する可能性がある。そこで、第二燃料ライン 32 中で、連結ライン 35 との接続位置とヘッダライン 36 との接続位置との間の位置に、下流側第二燃料弁 34 a を設けることが好ましい。混合燃料混焼工程 S 2 c では、この下流側第二燃料弁 34 a を閉状態にして、第二燃料 H G の一部が、第二燃料ライン 32 から直接ヘッダライン 36 に流入することを抑制する。

[0107] 第二燃料専焼工程 S 4 c では、第一燃料弁 33 を閉状態、第二燃料弁 34 を開状態、第一仕切弁 37 a を開状態、第二仕切弁 37 b を開状態、混合率調節弁 35 v を閉状態にする。この結果、第一燃料 N G は、ヘッダライン 36 に流入せず、第二燃料 H G のみがヘッダライン 36 に流入する。ヘッダライン 36 中の第一ヘッダ部 36 a に流入した第二燃料 H G は、第一ヘッダ部 36 a から分岐している複数の第一分岐ライン 38 a を介して、複数の第一ノズル 29 a に流入し、複数の第一ノズル 29 a から噴出する。また、ヘッダライン 36 中の第二ヘッダ部 36 b に流入した第二燃料 H G は、第二ヘッダ部 36 b から分岐している複数の第二分岐ライン 38 b を介して、第二ノズル 29 b に流入する。

[0108] 以上、この第二燃料専焼工程 S 4 c では、全てのノズル 29 に第二燃料 H G のみが供給される。このため、この第二燃料専焼工程 S 4 c では、全ての

ノズル 29 から噴出した第一燃料 NG のみが燃焼する。

[0109] 本実施形態では、全てのノズル 29 に第一燃料 NG を供給できると共に、全てのノズル 29 に第二燃料 HG を供給できる。このため、本実施形態では、前述の第二比較例と異なり、第一燃料 NG と第二燃料 HG とのうち一方の燃料の専焼で、ノズル 29 の総本数に見合うだけのガスタービン出力を得ることができる。

[0110] 「本実施形態における効果のまとめ」

[0111] 実施形態では、二種類の燃料のうち、一方の燃料が他方の燃料に対して燃料特性として劣る点があっても、他方の燃料の燃焼でこれを補うことができるので、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

[0112] 本実施形態では、第一燃料 NG と第二燃料 HG とのうち一方の燃料の専焼で、ノズル 29 の総本数に見合うだけのガスタービン出力を得ることができる。

[0113] 本実施形態では、燃料切替工程として、第一燃料切替工程、第二燃料切替工程、第三燃料切替工程、第四燃料切替工程を実行できるので、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0114] さらに、本実施形態の燃料供給系 30 は、ヘッダライン 36 を仕切る弁として第一仕切弁 37 a と第二仕切弁 37 b とを有することで、ヘッダライン 36 を二つに仕切る位置を変更することができる。このため、第一燃料 NG を噴出するノズル 29 の本数及び第二燃料 HG を噴出するノズル 29 の本数を適宜変更することができる。

[0115] 「変形例」

以上の実施形態における第一燃料 NG は天然ガスであり、第二燃料 HG は水素ガスである。しかしながら、二種類の燃料の組み合わせは、本実施形態の組み合わせに限定されない。例えば、二種類の燃料のうち、一方が天然ガスであり、他方がアンモニアガス、COG (Coke Oven Gas)、プロパンガス、及び石炭ガス化ガス等のうちのいずれか一のガスであってもよい。

[0116] また、本開示は、以上で説明した一実施形態及び変形例に限定されるもの

ではない。特許請求の範囲に規定された内容及びその均等物から導き出される本発明の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲において、種々の追加、変更、置き換え、部分的削除等が可能である。

[0117] 「付記」

以上の実施形態におけるガスタービンの運転方法は、例えば、以下のよう
に把握される。

[0118] (1) 第一態様におけるガスタービンの運転方法は、以下のガスタービンに
適用される。

このガスタービンは、空気を圧縮して圧縮空気 A c o m を生成可能な圧縮機 1 0 と、前記圧縮空気 A c o m 中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器 2 0 と、前記燃焼ガスにより駆動可能なタービン 1 5 と、を備える。前記燃焼器 2 0 は、燃料が燃焼可能な筒 2 5 と、前記筒 2 5 内に前記圧縮空気 A c o m と共に燃料を噴射可能な複数のバーナ 2 7 と、を有する。前記複数のバーナ 2 7 は、第一バーナ 2 7 a と、前記第一バーナ 2 7 a を除く複数の第二バーナ 2 7 b と、を有する。前記第一バーナ 2 7 a 及び前記複数の第二バーナ 2 7 b は、それぞれ、空気が流通可能で前記筒 2 5 内に空気を噴射可能な空気流路枠 2 8 と、前記空気流路枠 2 8 内に燃料を噴射可能なノズル 2 9 と、を有する。

このガスタービン 1 の運転方法では、前記燃焼器 2 0 に供給する燃料を第一燃料 N G から第二燃料 H G に切り替える燃料切替工程を実行する。

前記燃料切替工程は、前記第一バーナ 2 7 a の前記ノズル 2 9 である第一ノズル 2 9 a に、前記第一燃料 N G のみを供給し、前記複数の第二バーナ 2 7 b 毎の前記ノズル 2 9 である第二ノズル 2 9 b には前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給しない第一燃料専焼工程 S 1 と、前記第一燃料専焼工程 S 1 後に、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G のみを供給し、前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する混焼工程 S 2 と、前記混焼工程 S 2 後に、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給せず、前記第二ノズル 2 9 b のみに前記第二燃料 H G を供

給する第二燃料専焼準備工程 S 3 と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 後に、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 と、を含む。

[0119] 本態様では、二種類の燃料のうち、一方の燃料が他方の燃料に対して燃料特性として劣る点があっても、他方の燃料の燃焼でこれを補うことができるので、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

[0120] (2) 第二態様におけるガスタービンの運転方法は、

前記第一態様におけるガスタービン 1 の運転方法において、前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第二燃料切替工程を実行する。

前記第二燃料切替工程は、前記複数の第二バーナ 2 7 b 毎の前記第二ノズル 2 9 b のうち、一部の第二ノズル 2 9 b である第一側第二ノズル 2 9 b i 及び前記第一ノズル 2 9 a に、前記第一燃料 N G のみを供給し、前記複数の第二バーナ 2 7 b 毎の前記第二ノズル 2 9 b のうち、前記第一側第二ノズル 2 9 b i を除く複数の第二側第二ノズル 2 9 b o に、前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給しない第一燃料専焼工程 S 1 a と、前記第一燃料専焼工程 S 1 a 後に、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G のみを供給し、前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する混焼工程 S 2 a と、前記混焼工程 S 2 a 後に、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給せず、前記第二側第二ノズル 2 9 b o のみに前記第二燃料 H G を供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 a と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 a 後に、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二側第二ノズル 2 9 b o に前記第二燃料 H G のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 a と、を含む。

[0121] 本態様では、第一燃料切替工程の他に、第二燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0122] (3) 第三態様におけるガスタービンの運転方法は、

前記第一態様又は前記第二態様におけるガスタービン 1 の運転方法において、前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第三燃料切替工程を

実行する。

前記第三燃料切替工程は、前記複数の第二バーナ27b毎の前記第二ノズル29bのうち、一部の第二ノズル29bである第一側第二ノズル29bi及び前記第一ノズル29aに、前記第一燃料NGのみを供給し、前記複数の第二バーナ27b毎の前記第二ノズル29bのうち、前記第一側第二ノズル29biを除く複数の第二側第二ノズル29boに、前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給しない第一燃料専焼工程S1bと、前記第一燃料専焼工程S1b後に、前記第一ノズル29a及び前記第一側第二ノズル29biに、前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二側第二ノズル29boに前記第二燃料HGのみを供給する混焼工程S2bと、前記混焼工程S2b後に、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給せず、前記第二側第二ノズル29boのみに前記第二燃料HGを供給する第二燃料専焼準備工程S3bと、前記第二燃料専焼準備工程S3b後に、前記第一ノズル29a及び前記第二側第二ノズル29boに前記第二燃料HGのみを供給する第二燃料専焼工程S4bと、を含む。

[0123] 本態様では、第一燃料切替工程の他に、第三燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0124] (4) 第四態様におけるガスタービンの運転方法は、

前記第一態様から前記第三態様のうちのいずれか一態様におけるガスタービン1の運転方法において、前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第四燃料切替工程を実行する。

前記第四燃料切替工程は、前記第一ノズル29a及び前記第二ノズル29bに、前記第一燃料NGのみを供給する第一燃料専焼工程S1cと、前記第一燃料専焼工程S1c後に、前記第一ノズル29a及び前記第二ノズル29bに、前記第一燃料NGと前記第二燃料HGとが混ざった混合燃料を供給する混合燃料混焼工程S2cと、前記混合燃料混焼工程S2c後に、前記第一ノズル29a及び前記第二ノズル29bに、前記第二燃料HGのみを供給する第二燃料専焼工程S4cと、を含む。

[0125] 本態様では、第一燃料切替工程の他に、第四燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0126] (5) 第五態様におけるガスタービンの運転方法は、

前記第一態様から前記第四態様のうちのいずれか一態様におけるガスタービン1の運転方法において、前記燃焼器20は、複数のバーナ群26を有する。前記複数のバーナ群26は、いずれも、前記第一ノズル29aと、前記第一ノズル29aの周りに配置されている前記第二ノズル29bと、を有する。前記第一燃料NGは、天然ガスであり、前記第二燃料HGは水素ガスである。

[0127] (6) 第六態様におけるガスタービンの運転方法は、

前記第二態様又は前記第三態様におけるガスタービン1の運転方法において、前記燃焼器20は、複数のバーナ群26を有する。前記複数のバーナ群26は、内側バーナ群26iと、前記内側バーナ群26iの周りに配置されている複数の外側バーナ群26oと、を有する。前記複数のバーナ群26は、いずれも、前記第一ノズル29aと、前記第一ノズル29aの周りに配置されている前記第二ノズル29bと、を有する。前記第一側第二ノズル29biは、前記内側バーナ群26iが有する前記第二ノズル29bである。前記複数の第二側第二ノズル29boは、前記複数の外側バーナ群26oがそれぞれ有する前記第二ノズル29bである。前記第一燃料NGは、天然ガスであり、前記第二燃料HGは水素ガスである。

[0128] 以上の実施形態におけるガスタービン設備は、例えば、以下のように把握される。

[0129] (7) 第七態様におけるガスタービン設備は、

空気を圧縮して圧縮空気Acomを生成可能な圧縮機10と、前記圧縮空気Acom中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器20と、前記燃焼ガスにより駆動可能なタービン15と、前記燃焼器20に第一燃料NG及び第二燃料HGを供給可能な燃料供給系30と、を備える。前記燃焼器20は、燃料が燃焼可能な筒25と、前記筒25内に圧縮空気Acomと共に

燃料を噴射可能な複数のバーナ 27 と、を有する。前記複数のバーナ 27 は、第一バーナ 27 a と、前記第一バーナ 27 a を除く複数の第二バーナ 27 b と、を有する。前記第一バーナ 27 a 及び前記複数の第二バーナ 27 b は、それぞれ、空気が流通可能で前記筒 25 内に空気を噴射可能な空気流路枠 28 と、前記空気流路枠 28 内に燃料を噴射可能なノズル 29 と、を有する。前記燃料供給系 30 は、前記第一燃料 NG の供給源と接続され、前記第一燃料 NG が流通可能な第一燃料ライン 31 と、前記第二燃料 HG の供給源と接続され、前記第二燃料 HG が流通可能な第二燃料ライン 32 と、前記第一燃料ライン 31 に設けられている第一燃料弁 33 と、前記第二燃料ライン 32 に設けられている第二燃料弁 34 と、前記第一燃料 NG 及び前記第二燃料 HG が流通可能なヘッダライン 36 と、前記ヘッダライン 36 から前記複数のバーナ 27 毎に分岐している分岐ライン 38 と、前記ヘッダライン 36 に設けられ、前記ヘッダライン 36 を第一ヘッダ部 36 a と第二ヘッダ部 36 b に仕切ることができる仕切弁 37 a と、を有する。前記第一ヘッダ部 36 a からは、前記複数のバーナ 27 毎の分岐ライン 38 のうち、一部の分岐ライン 38 である第一分岐ライン 38 a が分岐している。前記第一分岐ライン 38 a は、前記第一バーナ 27 a の前記ノズル 29 である第一ノズル 29 a に接続されている。前記第二ヘッダ部 36 b からは、前記複数のバーナ 27 毎の分岐ライン 38 のうち、前記第一分岐ライン 38 a を除く複数の第二分岐ライン 38 b が分岐している。前記複数の第二分岐ライン 38 b のそれぞれは、前記複数の第二バーナ 27 b 毎の前記ノズル 29 である第二ノズル 29 b に接続されている。前記第一燃料ライン 31 は、前記第一ヘッダ部 36 a に接続され、前記第二燃料ライン 32 は、前記第二ヘッダ部 36 b に接続されている。

[0130] 本態様では、第一ノズル 29 a から第一燃料 NG を噴出させ、この第一燃料 NG を燃焼させている最中に、第二ノズル 29 b から第二燃料 HG を噴出させて、この第二燃料 HG を燃焼させることができる。このため、本態様では、二種類の燃料のうち、一方の燃料が他方の燃料に対して燃料特性として

劣る点があっても、他方の燃料の燃焼でこれを補うことができるので、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

[0131] (8) 第八態様におけるガスタービン設備は、

前記第七態様におけるガスタービン設備において、前記仕切弁37aである第一仕切弁の他に、前記第二ヘッダ部36bに設けられ、前記第二ヘッダ部36bを前記第一ヘッダ部36aの側の第一側第二ヘッダ部36biと、前記第二ヘッダ部36bの残りの部分である第二側第二ヘッダ部36boとに仕切ることができる第二仕切弁37bを備える。前記第一側第二ヘッダ部36biからは、前記複数の第二分岐ライン38bのうち、一部の第二分岐ライン38bである第一側第二分岐ライン38biが分岐している。前記第一側第二分岐ライン38biには、前記複数の第二バーナ27b毎の前記第二ノズル29bのうち、一部の第二ノズル29bである第一側第二ノズル29biが接続されている。前記第二側第二ヘッダ部36boからは、前記複数の第二分岐ライン38bのうち、前記第一側第二分岐ライン38biを除く第二分岐ライン38bである複数の第二側第二分岐ライン38boが分岐している。前記第二側第二分岐ライン38boには、前記複数の第二バーナ27b毎の前記第二ノズル29bのうち、前記第一側第二ノズル29biを除く第二ノズル29bである第二側第二ノズル29boが接続されている。前記第二燃料ライン32は、前記第二側第二ヘッダ部36boに接続されている。

[0132] 本態様のガスタービン設備は、ヘッダライン36を仕切る弁として、第一仕切弁37aと第二仕切弁37bとを有する。このため、ヘッダライン36中の流路を二つの位置で仕切ることができる。よって、ヘッダライン36から第一燃料NGが流入するノズル29本数、及びヘッダライン36から第二燃料HGが流入するノズル29本数を適宜変更することができる。このため、本態様では、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0133] (9) 第九態様におけるガスタービン設備は、

前記第七態様又は前記第八態様におけるガスタービン設備において、前記

第一燃料ライン 3 1 中で、前記第一燃料ライン 3 1 が前記ヘッダライン 3 6 に接続されている位置と前記第一燃料弁 3 3 が設けられている位置との間の位置と、前記第二燃料ライン 3 2 中で、前記第二燃料ライン 3 2 が前記ヘッダライン 3 6 に接続されている位置と前記第二燃料弁 3 4 が設けられている位置との間の位置と、を接続する連結ライン 3 5 と、前記連結ライン 3 5 に設けられ、前記連結ライン 3 5 を流れる燃料の流量を調節可能な混合率調節弁 3 5 v と、を備える。

[0134] 本態様では、第一燃料ライン 3 1 と第二燃料ライン 3 2 とが連結ライン 3 5 で連結されているので、ヘッダライン 3 6 に第一燃料 NG と第二燃料 HG とが混ざり合った混合燃料をヘッダライン 3 6 に流入させることができる。このため、本態様では、混合燃料をノズル 2 9 から噴射させて、混合燃料を燃焼させることができる。さらに、本態様では、第一燃料 NG をヘッダライン 3 6 全体に流入させて、全てのノズル 2 9 から第一燃料 NG を噴出されることことができる上に、第二燃料 HG をヘッダライン 3 6 全体に流入させて、全てのノズル 2 9 から第二燃料 HG を噴出されることことができる。また、本態様では、混合燃料をヘッダライン 3 6 全体に流入させて、全てのノズル 2 9 から混合燃料を噴出されることことができる。

[0135] (10) 第十態様におけるガスタービン設備は、

前記第七態様から前記第九態様のうちのいずれか一態様におけるガスタービン設備において、制御装置 5 0 を備える。前記制御装置 5 0 は、前記第一燃料弁 3 3、前記第二燃料弁 3 4、及び前記仕切弁 3 7 a を制御して、前記燃焼器 2 0 に供給する燃料を前記第一燃料 NG から前記第二燃料 HG に切り替える燃料切替工程を実行可能である。

前記燃料切替工程は、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を閉状態、前記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 NG のみを供給し、前記第二ノズル 2 9 b には前記第一燃料 NG 及び前記第二燃料 HG を供給しない第一燃料専焼工程 S 1 と、前記第一燃料専焼工程 S 1 後に、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前

記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル 29 a に前記第一燃料 NG のみを供給し、前記第二ノズル 29 b に前記第二燃料 HG のみを供給する混焼工程 S 2 と、前記混焼工程 S 2 後に、前記第一燃料弁 33 を閉状態、前記第二燃料弁 34 を開状態、前記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル 29 a に前記第一燃料 NG 及び前記第二燃料 HG を供給せず、前記第二ノズル 29 b のみに前記第二燃料 HG を供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 後に、前記第一燃料弁 33 を閉状態、前記第二燃料弁 34 を開状態、前記仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル 29 a 及び前記第二ノズル 29 b に前記第二燃料 HG のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 と、を含む。

[0136] 本態様では、第一態様における運転方法を実行できる。このため、本態様では、第一態様における運転方法と同様に、燃料の切替過程で、燃料を安定燃焼させることができる。

[0137] (11) 第十一態様におけるガスタービン設備は、

前記第八態様におけるガスタービン設備において、制御装置 50 を備える。前記制御装置 50 は、前記第一燃料弁 33、前記第二燃料弁 34、前記第一仕切弁 37 a、及び前記第二仕切弁 37 b を制御して、前記燃焼器 20 に供給する燃料を前記第一燃料 NG から前記第二燃料 HG に切り替える第一燃料切替工程及び第二燃料切替工程を実行可能である。

前記第一燃料切替工程は、前記第一燃料弁 33 を開状態、前記第二燃料弁 34 を閉状態、前記第一仕切弁 37 a を閉状態、前記第二仕切弁 37 b を開状態にして、前記第一ノズル 29 a に前記第一燃料 NG のみを供給し、前記第二ノズル 29 b には前記第一燃料 NG 及び前記第二燃料 HG を供給しない第一燃料専焼工程 S 1 と、前記第一燃料専焼工程 S 1 後に、前記第一燃料弁 33 を開状態、前記第二燃料弁 34 を開状態、前記第一仕切弁 37 a を閉状態、前記第二仕切弁 37 b を開状態にして、前記第一ノズル 29 a に前記第一燃料 NG のみを供給し、前記第二ノズル 29 b に前記第二燃料 HG のみを供給する混焼工程 S 2 と、前記混焼工程 S 2 後に、前記第一燃料弁 33 を閉

状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記第一仕切弁 3 7 a を閉状態、前記第二仕切弁 3 7 b を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給せず、前記第二ノズル 2 9 b のみに前記第二燃料 H G を供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記第一仕切弁 3 7 a を開状態、前記第二仕切弁 3 7 b を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 と、を含む。

前記第二燃料切替工程は、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を閉状態、前記第一仕切弁 3 7 a を開状態、及び前記第二仕切弁 3 7 b を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第一側第二ノズル 2 9 b i に前記第一燃料 N G のみを供給し、前記第二側第二ノズル 2 9 b o には、前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給しない第一燃料専焼工程 S 1 a と、前記第一燃料専焼工程 S 1 a 後に、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記第一仕切弁 3 7 a を閉状態、及び第二仕切弁 3 7 b を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G のみを供給し、前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する混焼工程 S 2 a と、前記混焼工程 S 2 a 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記第一仕切弁 3 7 a を閉状態、及び前記第二仕切弁 3 7 b を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 N G 及び前記第二燃料 H G を供給せず、前記第二ノズル 2 9 b のみに前記第二燃料 H G を供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 a と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 a 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記第一仕切弁 3 7 a を開状態、及び前記第二仕切弁 3 7 b を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 H G のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 a と、を含む。

[0138] 本態様では、第二態様における運転方法と同様に、第一燃料切替工程の他に、第二燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することが

できる。

[0139] (12) 第十二態様におけるガスタービン設備は、

前記第十態様又は前記第十一態様におけるガスタービン設備において、制御装置50を備える。前記制御装置50は、前記第一燃料弁33、前記第二燃料弁34、前記第一仕切弁37a、及び前記第二仕切弁37bを制御して、前記燃焼器20に供給する燃料を前記第一燃料NGから前記第二燃料HGに切り替える第一燃料切替工程及び第三燃料切替工程を実行可能である。

前記第一燃料切替工程は、前記第一燃料弁33を開状態、前記第二燃料弁34を閉状態、前記第一仕切弁37aを閉状態、前記第二仕切弁37bを開状態にして、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二ノズル29bには前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給しない第一燃料専焼工程S1と、前記第一燃料専焼工程S1後に、前記第一燃料弁33を開状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを閉状態、前記第二仕切弁37bを開状態にして、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二ノズル29bに前記第二燃料HGのみを供給する混焼工程S2と、前記混焼工程S2後に、前記第一燃料弁33を閉状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを閉状態、前記第二仕切弁37bを開状態にして、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給せず、前記第二ノズル29bのみに前記第二燃料HGを供給する第二燃料専焼準備工程S3と、前記第二燃料専焼準備工程S3後に、前記第一燃料弁33を閉状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを開状態、前記第二仕切弁37bを開状態にして、前記第一ノズル29a及び前記第二ノズル29bに前記第二燃料HGのみを供給する第二燃料専焼工程S4と、を含む。

前記第三燃料切替工程は、前記第一燃料弁33を開状態、前記第二燃料弁34を閉状態、前記第一仕切弁37aを開状態、及び前記第二仕切弁37bを閉状態にして、前記第一ノズル29a及び前記第一側第二ノズル29biに前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二側第二ノズル29boには、前

記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給しない第一燃料専焼工程S1bと、前記第一燃料専焼工程S1b後に、前記第一燃料弁33を開状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを開状態、及び前記第二仕切弁37bを閉状態にして、前記第一ノズル29a及び前記第一側第二ノズル29biに前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二側第二ノズル29boに前記第二燃料HGのみを供給する混焼工程S2bと、前記混焼工程S2b後に、前記第一燃料弁33を閉状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを開状態、及び前記第二仕切弁37bを閉状態にして、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給せず、前記第二ノズル29bのみに前記第二燃料HGを供給する第二燃料専焼準備工程S3bと、前記第二燃料専焼準備工程S3b後に、前記第一燃料弁33を閉状態、前記第二燃料弁34を開状態、前記第一仕切弁37aを開状態、及び前記第二仕切弁37bを開状態にして、前記第一ノズル29a及び前記第二ノズル29bに前記第二燃料HGのみを供給する第二燃料専焼工程S4bと、を含む。

[0140] 本態様では、第三態様における運転方法と同様に、第一燃料切替工程の他に、第三燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0141] (13) 第十三態様におけるガスタービン設備は、

前記第九態様におけるガスタービン設備において、制御装置50を備える。前記制御装置50は、前記第一燃料弁33、前記第二燃料弁34、前記仕切弁37a、及び前記混合率調節弁35vを制御して、前記燃焼器20に供給する燃料を前記第一燃料NGから前記第二燃料HGに切り替える第一燃料切替工程及び第四燃料切替工程を実行可能である。

前記第一燃料切替工程は、前記第一燃料弁33を開状態、前記第二燃料弁34を閉状態、前記仕切弁37aを閉状態、前記混合率調節弁35vを閉状態にして、前記第一ノズル29aに前記第一燃料NGのみを供給し、前記第二ノズル29bには前記第一燃料NG及び前記第二燃料HGを供給しない第

一燃料専焼工程 S 1 と、前記第一燃料専焼工程 S 1 後に、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記仕切弁 3 7 a を閉状態、前記混合率調節弁 3 5 v を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 NG のみを供給し、前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 HG のみを供給する混焼工程 S 2 と、前記混焼工程 S 2 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記仕切弁 3 7 a を閉状態、前記混合率調節弁 3 5 v を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a に前記第一燃料 NG 及び前記第二燃料 HG を供給せず、前記第二ノズル 2 9 b のみに前記第二燃料 HG を供給する第二燃料専焼準備工程 S 3 と、前記第二燃料専焼準備工程 S 3 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記仕切弁 3 7 a を開状態、前記混合率調節弁 3 5 v を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に前記第二燃料 HG のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 と、を含む。

前記第四燃料切替工程は、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を閉状態、前記仕切弁を開状態、及び前記混合率調節弁 3 5 v を閉状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に、前記第一燃料 NG のみを供給する第一燃料専焼工程 S 1 c と、前記第一燃料専焼工程 S 1 c 後に、前記第一燃料弁 3 3 を開状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記仕切弁を開状態、及び前記混合率調節弁 3 5 v を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に、前記第一燃料 NG と前記第二燃料 HG とが混ざった混合燃料を供給する混合燃料混焼工程 S 2 c と、前記混合燃料混焼工程 S 2 c 後に、前記第一燃料弁 3 3 を閉状態、前記第二燃料弁 3 4 を開状態、前記仕切弁を開状態、及び前記混合率調節弁 3 5 v を開状態にして、前記第一ノズル 2 9 a 及び前記第二ノズル 2 9 b に、前記第二燃料 HG のみを供給する第二燃料専焼工程 S 4 c と、を含む。

[0142] 本態様では、第四態様における運転方法と同様に、第一燃料切替工程の他に、第四燃料切替工程も実行でき、燃料の切替の態様を適宜変更することができる。

[0143] (14) 第十四態様におけるガスタービン設備は、

前記第七態様から前記第十三態様のうちのいずれか一態様におけるガスタービン設備において、前記燃焼器20は、複数のバーナ群26を有する。前記複数のバーナ群26は、いずれも、前記第一バーナ27aと、前記第一バーナ27aの周りに配置されている前記複数の第二バーナ27bと、を有する。

[0144] (15) 第十五態様におけるガスタービン設備は、

前記第八態様、前記第十一態様、及び前記第十二態様のうちのいずれか一態様におけるガスタービン設備において、前記燃焼器20は、複数のバーナ群26を有する。前記複数のバーナ群26は、内側バーナ群26iと、前記内側バーナ群26iの周りに配置されている複数の外側バーナ群26oと、を有する。前記複数のバーナ群26は、いずれも、前記第一ノズル29aと、前記第一ノズル29aの周りに配置されている前記第二ノズル29bと、を有する。前記第一側第二ノズル29biは、前記内側バーナ群26iが有する前記第二ノズル29bである。前記第二側第二ノズル29boは、前記複数の外側バーナ群26oがそれぞれ有する前記第二ノズル29bである。

産業上の利用可能性

[0145] 本開示の一態様によれば、燃料の切替過程でも、燃料を安定燃焼させることができる。

符号の説明

- [0146] 1 : ガスタービン
2 : ガスタービンロータ
3 : 中間ケーシング
10 : 圧縮機
11 : 圧縮機ロータ
12 : 圧縮機ケーシング
15 : タービン
16 : タービンロータ

- 17 : タービンケーシング
- 20 : 燃焼器
- 21 : 外筒
- 22 : エンドカバー
- 23 : 内筒
- 24 ; 空気孔プレート
- 24 h : 空気孔
- 25 : 燃焼筒 (又は、単に筒)
- 26 : バーナ群
- 26 i : 内側バーナ群
- 26 o : 外側バーナ群
- 27 : バーナ
- 27 a : 第一バーナ
- 27 b : 第二バーナ
- 28 : 空気流路枠
- 28 a : 第一空気流路枠
- 28 b : 第二空気流路枠
- 29 : ノズル
- 29 a : 第一ノズル
- 29 b : 第二ノズル
- 29 b i : 第一側第二ノズル
- 29 b o : 第二側第二ノズル
- 30 : 燃料供給系
- 31 : 第一燃料ライン
- 32 : 第二燃料ライン
- 33 : 第一燃料弁
- 34 : 第二燃料弁
- 34 a : 下流側第二燃料弁

- 35 : 連結ライン
- 35 v : 混合率調節弁
- 36 : ヘッダライン
- 36 a : 第一ヘッダ部
- 36 b : 第二ヘッダ部
- 36 b i : 第一側第二ヘッダ部
- 36 b o : 第二側第二ヘッダ部
- 36 x : 統合ライン
- 37 a : 第一仕切弁 (又は、単に仕切弁)
- 37 b : 第二仕切弁
- 38 : 分岐ライン
- 38 a : 第一分岐ライン
- 38 b : 第二分岐ライン
- 38 b i : 第一側第二分岐ライン
- 38 b o : 第二側第二分岐ライン
- 39 : ノズル弁
- 50 : 制御装置
- 51 : 発生熱量演算器
- 52 : 弁制御量演算器
- 53 : 弁信号発生器
- A : 空気
- A c o m : 圧縮空気
- F : 燃料
- C G : 燃焼ガス
- N G : 第一燃料
- H G : 第二燃料
- A r : ロータ軸線
- A c : 燃焼器軸線

D a : 口一夕軸線方向

D a u : 軸線上流側

D a d : 軸線下流側

D c : 燃燒器軸線方向

D c b : 基端側

D c t : 先端側

請求の範囲

[請求項1]

空気を圧縮して圧縮空気を生成可能な圧縮機と、
前記圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器と、
、
前記燃焼ガスにより駆動可能なタービンと、
を備え、
前記燃焼器は、燃料が燃焼可能な筒と、前記筒内に前記圧縮空気と共に燃料を噴射可能な複数のバーナと、を有し、
前記複数のバーナは、第一バーナと、前記第一バーナを除く複数の第二バーナと、を有し、
前記第一バーナ及び前記複数の第二バーナは、それぞれ、空気が流通可能で前記筒内に空気を噴射可能な空気流路枠と、前記空気流路枠内に燃料を噴射可能なノズルと、を有する、
ガスタービンの運転方法において、
前記燃焼器に供給する燃料を第一燃料から第二燃料に切り替える燃料切替工程を実行し、
前記燃料切替工程は、
前記第一バーナの前記ノズルである第一ノズルに、前記第一燃料のみを供給し、前記複数の第二バーナ毎の前記ノズルである第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、
、
前記第一燃料専焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、
前記混焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、
前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、
ガスタービンの運転方法。

[請求項2]

請求項1に記載のガスタービンの運転方法において、
前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第二燃料切替工程を実行し、

前記第二燃料切替工程は、

前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、一部の第二ノズルである第一側第二ノズル及び前記第一ノズルに、前記第一燃料のみを供給し、前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、前記第一側第二ノズルを除く複数の第二側第二ノズルに、前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二側第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一ノズル及び前記第二側第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、
ガスタービンの運転方法。

[請求項3]

請求項1に記載のガスタービンの運転方法において、
前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第三燃料切替工程を実行し、

前記第三燃料切替工程は、

前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、一部の第二ノズルである第一側第二ノズル及び前記第一ノズルに、前記第一燃料のみを供給し、前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、前記第一側第二ノズルを除く複数の第二側第二ノズルに、前記第一燃料及び

前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一ノズル及び前記第一側第二ノズルに、前記第一燃料のみを供給し、前記第二側第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二側第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一ノズル及び前記第二側第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービンの運転方法。

[請求項4]

請求項1に記載のガスタービンの運転方法において、

前記燃料切替工程である第一燃料切替工程の他に、第四燃料切替工程を実行し、

前記第四燃料切替工程は、

前記第一ノズル及び前記第二ノズルに、前記第一燃料のみを供給する第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに、前記第一燃料と前記第二燃料とが混ざった混合燃料を供給する混合燃料混焼工程と、

前記混合燃料混焼工程後に、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに、前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービンの運転方法。

[請求項5]

請求項1から4のいずれか一項に記載のガスタービンの運転方法において、

前記燃焼器は、複数のバーナ群を有し、

前記複数のバーナ群は、いずれも、前記第一ノズルと、前記第一ノ

ズルの周りに配置されている、前記第二ノズルと、を有し、
前記第一燃料は、天然ガスであり、前記第二燃料は水素ガスである
、
ガスタービンの運転方法。

[請求項6]

請求項2又は3に記載のガスタービンの運転方法において、
前記燃焼器は、複数のバーナ群を有し、
前記複数のバーナ群は、内側バーナ群と、前記内側バーナ群の周りに配置されている複数の外側バーナ群と、を有し、
前記複数のバーナ群は、いずれも、前記第一ノズルと、前記第一ノズルの周りに配置されている前記第二ノズルと、を有し、
前記第一側第二ノズルは、前記内側バーナ群が有する前記第二ノズルであり、
前記複数の第二側第二ノズルは、前記複数の外側バーナ群がそれぞれ有する前記第二ノズルであり、

前記第一燃料は、天然ガスであり、前記第二燃料は水素ガスである
、
ガスタービンの運転方法。

[請求項7]

空気を圧縮して圧縮空気を生成可能な圧縮機と、
前記圧縮空気中で燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成可能な燃焼器と
、
前記燃焼ガスにより駆動可能なタービンと、
前記燃焼器に第一燃料及び第二燃料を供給可能な燃料供給系と、
を備え、
前記燃焼器は、燃料が燃焼可能な筒と、前記筒内に圧縮空気と共に燃料を噴射可能な複数のバーナと、を有し、
前記複数のバーナは、第一バーナと、前記第一バーナを除く複数の第二バーナと、を有し、
前記第一バーナ及び前記複数の第二バーナは、それぞれ、空気が流

通可能で前記筒内に空気を噴射可能な空気流路枠と、前記空気流路枠内に燃料を噴射可能なノズルと、を有し、

前記燃料供給系は、

前記第一燃料の供給源と接続され、前記第一燃料が流通可能な第一燃料ラインと、

前記第二燃料の供給源と接続され、前記第二燃料が流通可能な第二燃料ラインと、

前記第一燃料ラインに設けられている第一燃料弁と、

前記第二燃料ラインに設けられている第二燃料弁と、

前記第一燃料及び前記第二燃料が流通可能なヘッダラインと、

前記ヘッダラインから前記複数のバーナ毎に分岐している分岐ラインと、

前記ヘッダラインに設けられ、前記ヘッダラインを第一ヘッダ部と第二ヘッダ部に仕切ることができる仕切弁と、

を有し、

前記第一ヘッダ部からは、前記複数のバーナ毎の分岐ラインのうち、一部の分岐ラインである第一分岐ラインが分岐しており、

前記第一分岐ラインは、前記第一バーナの前記ノズルである第一ノズルに接続され、

前記第二ヘッダ部からは、前記複数のバーナ毎の分岐ラインのうち、前記第一分岐ラインを除く複数の第二分岐ラインが分岐しており、

前記複数の第二分岐ラインのそれぞれは、前記複数の第二バーナ毎の前記ノズルである第二ノズルに接続され、

前記第一燃料ラインは、前記第一ヘッダ部に接続され、前記第二燃料ラインは、前記第二ヘッダ部に接続されている、

ガスタービン設備。

[請求項8]

請求項7に記載のガスタービン設備において、

前記仕切弁である第一仕切弁の他に、前記第二ヘッダ部に設けられ

、前記第二ヘッダ部を前記第一ヘッダ部の側の第一側第二ヘッダ部と、前記第二ヘッダ部の残りの部分である第二側第二ヘッダ部とに仕切ることができる第二仕切弁を備え、

前記第一側第二ヘッダ部からは、前記複数の第二分岐ラインのうち、一部の第二分岐ラインである第一側第二分岐ラインが分岐しており、

前記第一側第二分岐ラインには、前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、一部の第二ノズルである第一側第二ノズルが接続され、

前記第二側第二ヘッダ部からは、前記複数の第二分岐ラインのうち、前記第一側第二分岐ラインを除く第二分岐ラインである複数の第二側第二分岐ラインが分岐しており、

前記第二側第二分岐ラインには、前記複数の第二バーナ毎の前記第二ノズルのうち、前記第一側第二ノズルを除く第二ノズルである第二側第二ノズルが接続され、

前記第二燃料ラインは、前記第二側第二ヘッダ部に接続されている

、
ガスタービン設備。

[請求項9]

請求項7に記載のガスタービン設備において、

前記第一燃料ライン中で、前記第一燃料ラインが前記ヘッダラインに接続されている位置と前記第一燃料弁が設けられている位置との間の位置と、前記第二燃料ライン中で、前記第二燃料ラインが前記ヘッダラインに接続されている位置と前記第二燃料弁が設けられている位置との間の位置と、を接続する連結ラインと、

前記連結ラインに設けられ、前記連結ラインを流れる燃料の流量を調節可能な混合率調節弁と、

を備える、

ガスタービン設備。

[請求項10]

請求項7に記載のガスタービン設備において、
制御装置を備え、

前記制御装置は、前記第一燃料弁、前記第二燃料弁、及び前記仕切弁を制御して、前記燃焼器に供給する燃料を前記第一燃料から前記第二燃料に切り替える燃料切替工程を実行可能であり、

前記燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービン設備。

[請求項11]

請求項8に記載のガスタービン設備において、
制御装置を備え、

前記制御装置は、前記第一燃料弁、前記第二燃料弁、前記第一仕切弁、及び前記第二仕切弁を制御して、前記燃焼器に供給する燃料を前記第一燃料から前記第二燃料に切り替える第一燃料切替工程及び第二

燃料切替工程を実行可能であり、

前記第一燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含み、

前記第二燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル及び前記第一側第二ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二側第二ノズルには、前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、及び前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノ

ズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、及び前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービン設備。

[請求項12]

請求項8に記載のガスタービン設備において、

制御装置を備え、

前記制御装置は、前記第一燃料弁、前記第二燃料弁、前記第一仕切弁、及び前記第二仕切弁を制御して、前記燃焼器に供給する燃料を前記第一燃料から前記第二燃料に切り替える第一燃料切替工程及び第三燃料切替工程を実行可能であり、

前記第一燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を閉状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前

記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含み、

前記第三燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル及び前記第一側第二ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二側第二ノズルには、前記第一燃料及び前記第二燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズル及び前記第一側第二ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二側第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を閉状態にして、前記第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記第一仕切弁を開状態、及び前記第二仕切弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービン設備。

[請求項13]

請求項9に記載のガスタービン設備において、
制御装置を備え、

前記制御装置は、前記第一燃料弁、前記第二燃料弁、前記仕切弁、
及び前記混合率調節弁を制御して、前記燃焼器に供給する燃料を前記
第一燃料から前記第二燃料に切り替える第一燃料切替工程及び第四燃
料切替工程を実行可能であり、

前記第一燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記仕切弁を
閉状態、前記混合率調節弁を閉状態にして、前記第一ノズルに前記第
一燃料のみを供給し、前記第二ノズルには前記第一燃料及び前記第二
燃料を供給しない第一燃料専焼工程と、

前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃
料弁を開状態、前記仕切弁を閉状態、前記混合率調節弁を閉状態にし
て、前記第一ノズルに前記第一燃料のみを供給し、前記第二ノズルに
前記第二燃料のみを供給する混焼工程と、

前記混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開
状態、前記仕切弁を閉状態、前記混合率調節弁を閉状態にして、前記
第一ノズルに前記第一燃料及び前記第二燃料を供給せず、前記第二ノ
ズルのみに前記第二燃料を供給する第二燃料専焼準備工程と、

前記第二燃料専焼準備工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第
二燃料弁を開状態、前記仕切弁を開状態、前記混合率調節弁を閉状態
にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに前記第二燃料のみを供
給する第二燃料専焼工程と、

を含み、

前記第四燃料切替工程は、

前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を閉状態、前記仕切弁を
開状態、及び前記混合率調節弁を閉状態にして、前記第一ノズル及び
前記第二ノズルに、前記第一燃料のみを供給する第一燃料専焼工程と

、
前記第一燃料専焼工程後に、前記第一燃料弁を開状態、前記第二燃料弁を開状態、前記仕切弁を開状態、及び前記混合率調節弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに、前記第一燃料と前記第二燃料とが混ざった混合燃料を供給する混合燃料混焼工程と、

前記混合燃料混焼工程後に、前記第一燃料弁を閉状態、前記第二燃料弁を開状態、前記仕切弁を開状態、及び前記混合率調節弁を開状態にして、前記第一ノズル及び前記第二ノズルに、前記第二燃料のみを供給する第二燃料専焼工程と、

を含む、

ガスタービン設備。

[請求項14] 請求項7から13のいずれか一項に記載のガスタービン設備において、

前記燃焼器は、複数のバーナ群を有し、

前記複数のバーナ群は、いずれも、前記第一バーナと、前記第一バーナの周りに配置されている前記複数の第二バーナと、を有する、

ガスタービン設備。

[請求項15] 請求項8、請求項11及び請求項12のうちのいずれか一項に記載のガスタービン設備において、

前記燃焼器は、複数のバーナ群を有し、

前記複数のバーナ群は、内側バーナ群と、前記内側バーナ群の周りに配置されている複数の外側バーナ群と、を有し、

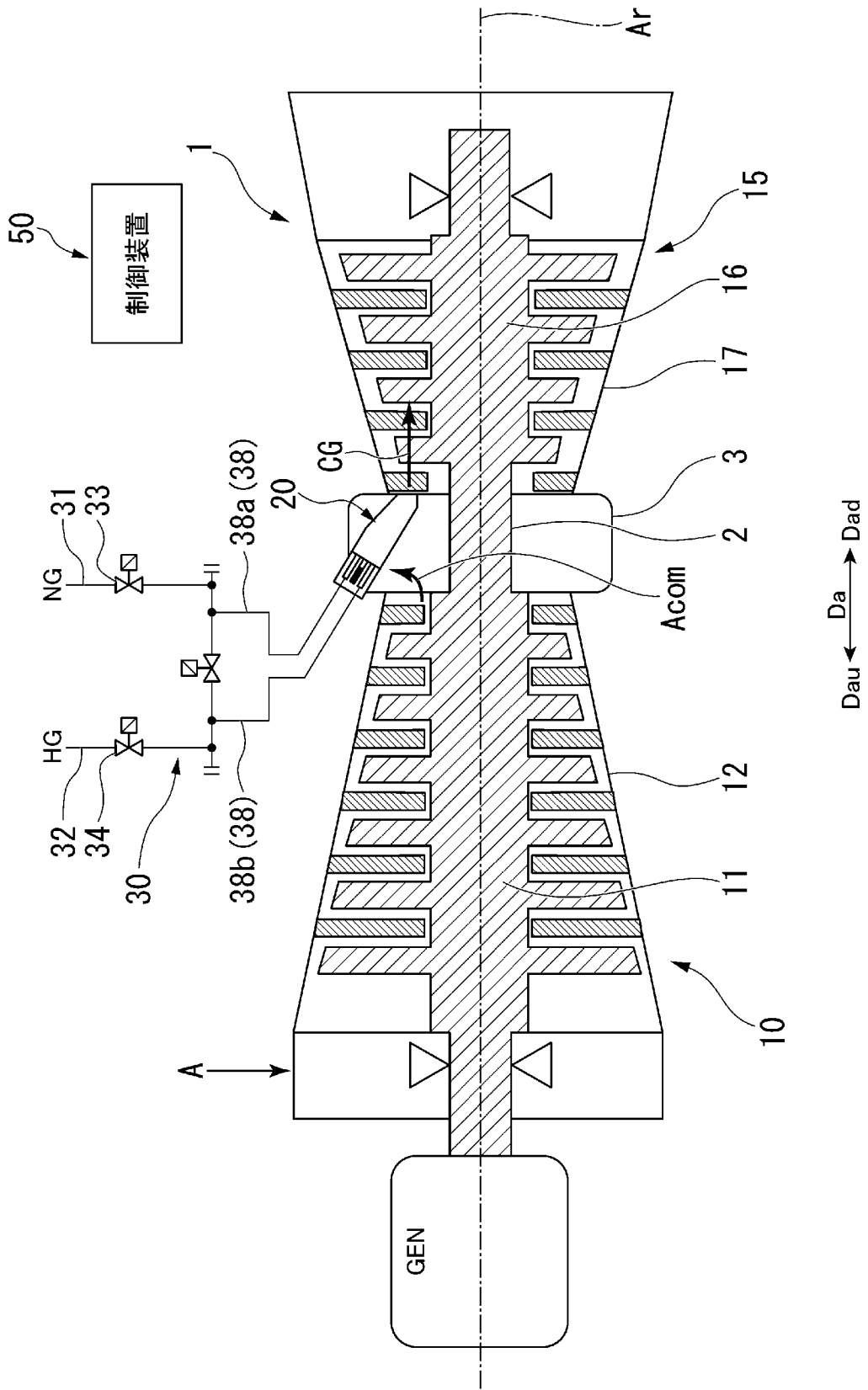
前記複数のバーナ群は、いずれも、前記第一ノズルと、前記第一ノズルの周りに配置されている前記第二ノズルと、を有し、

前記第一側第二ノズルは、前記内側バーナ群が有する前記第二ノズルであり、

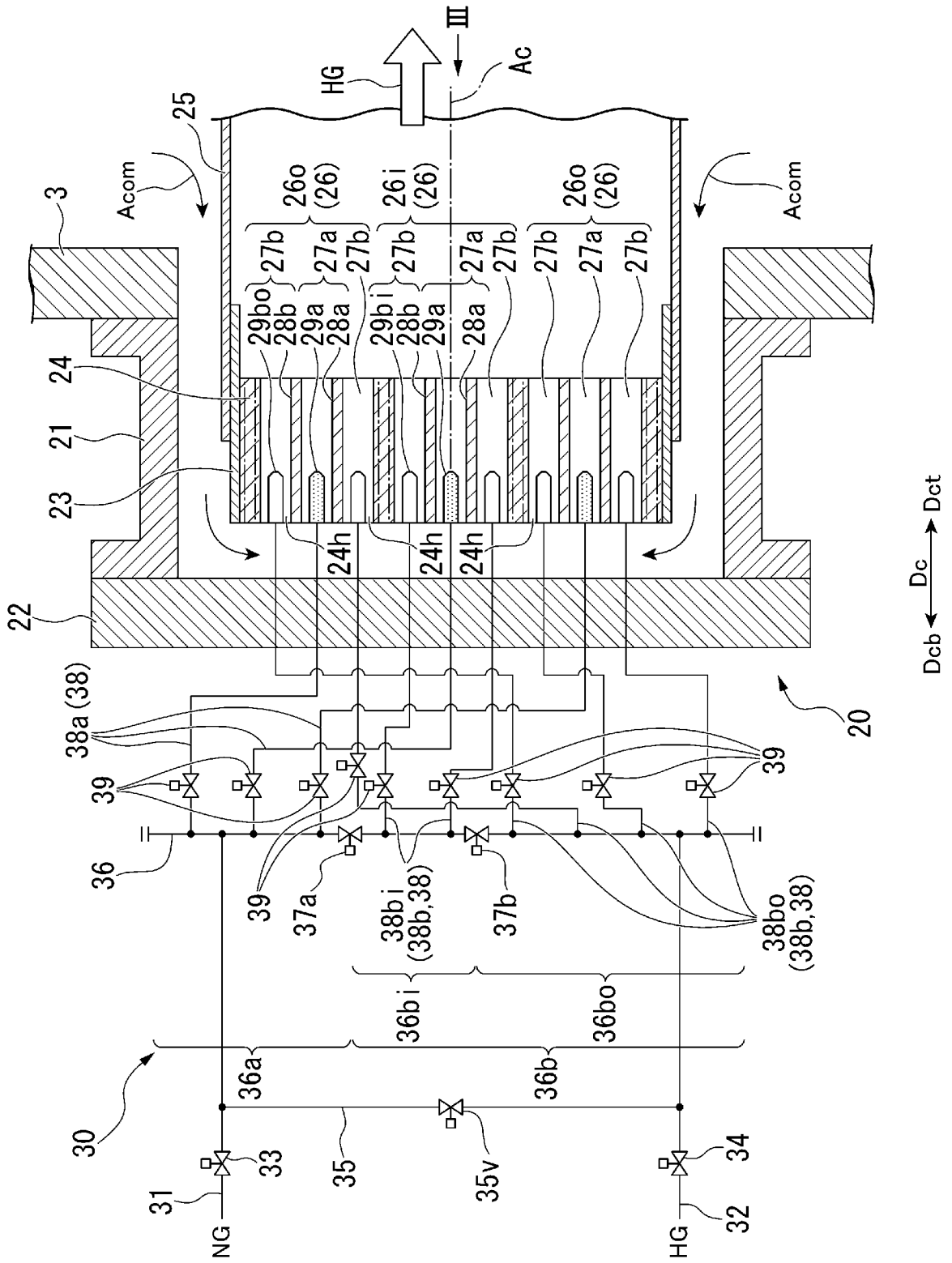
前記第二側第二ノズルは、前記複数の外側バーナ群がそれぞれ有する前記第二ノズルである、

ガスタービン設備。

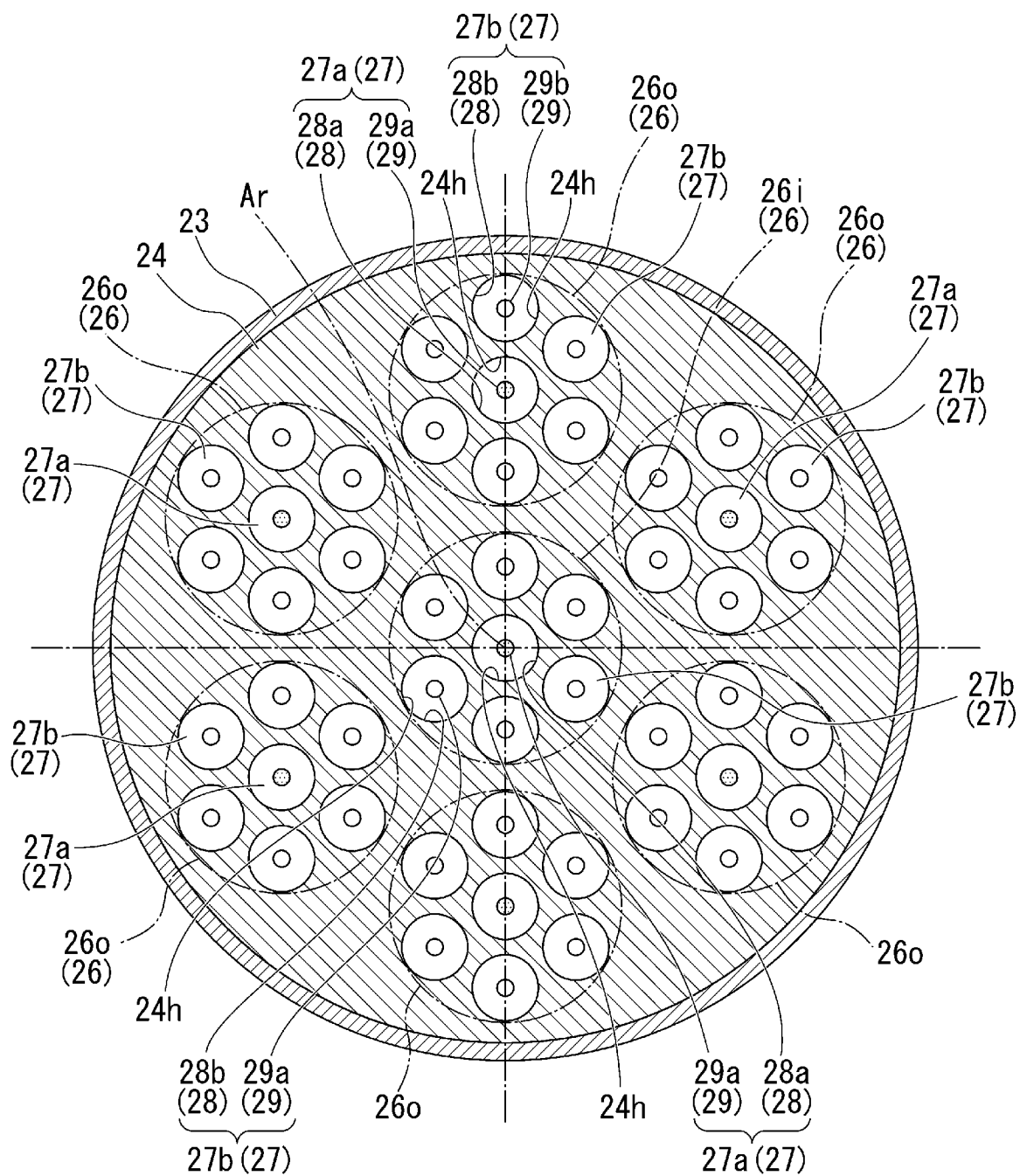
[図1]



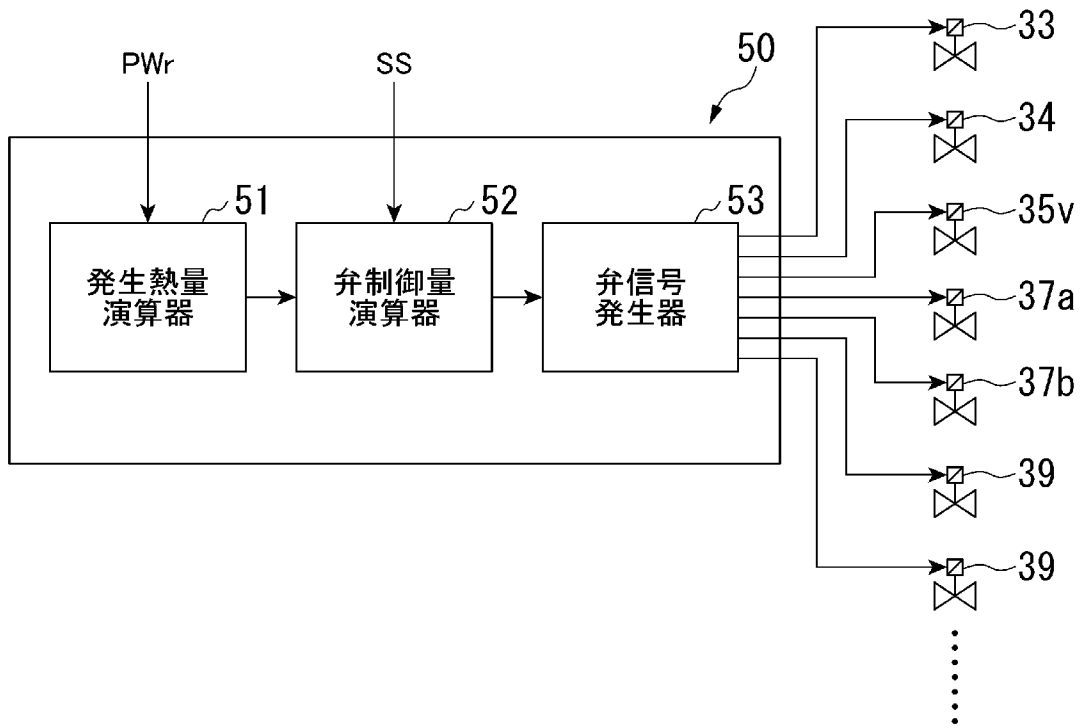
[図2]



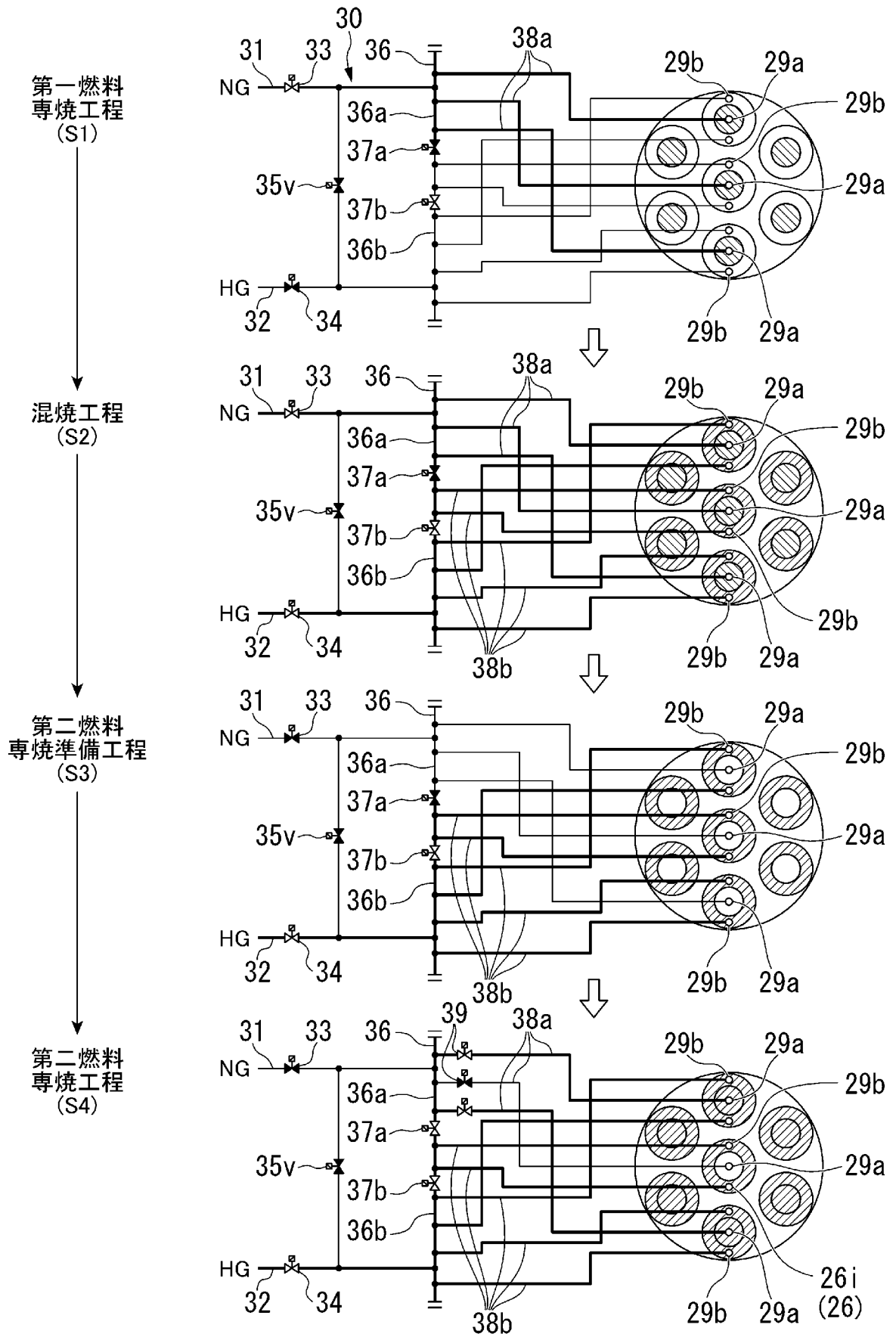
[図3]



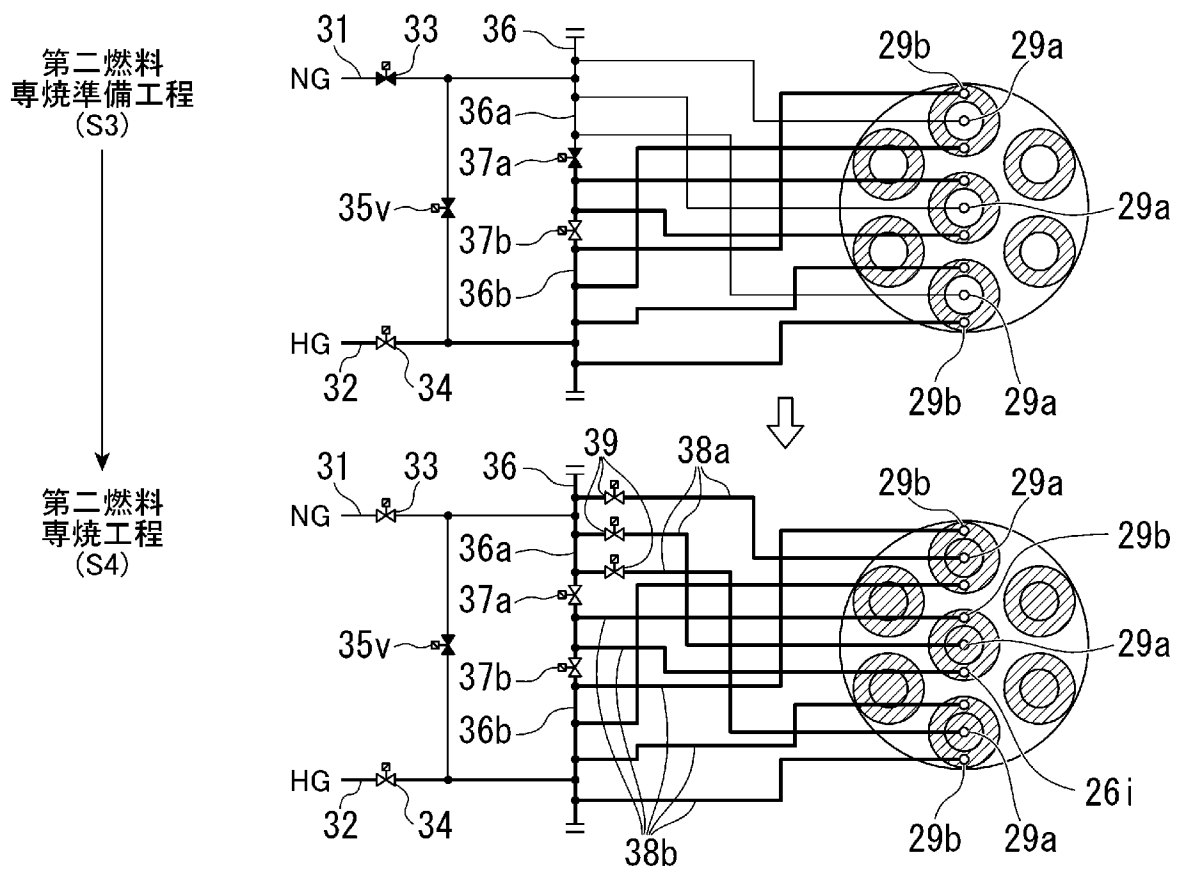
[図4]



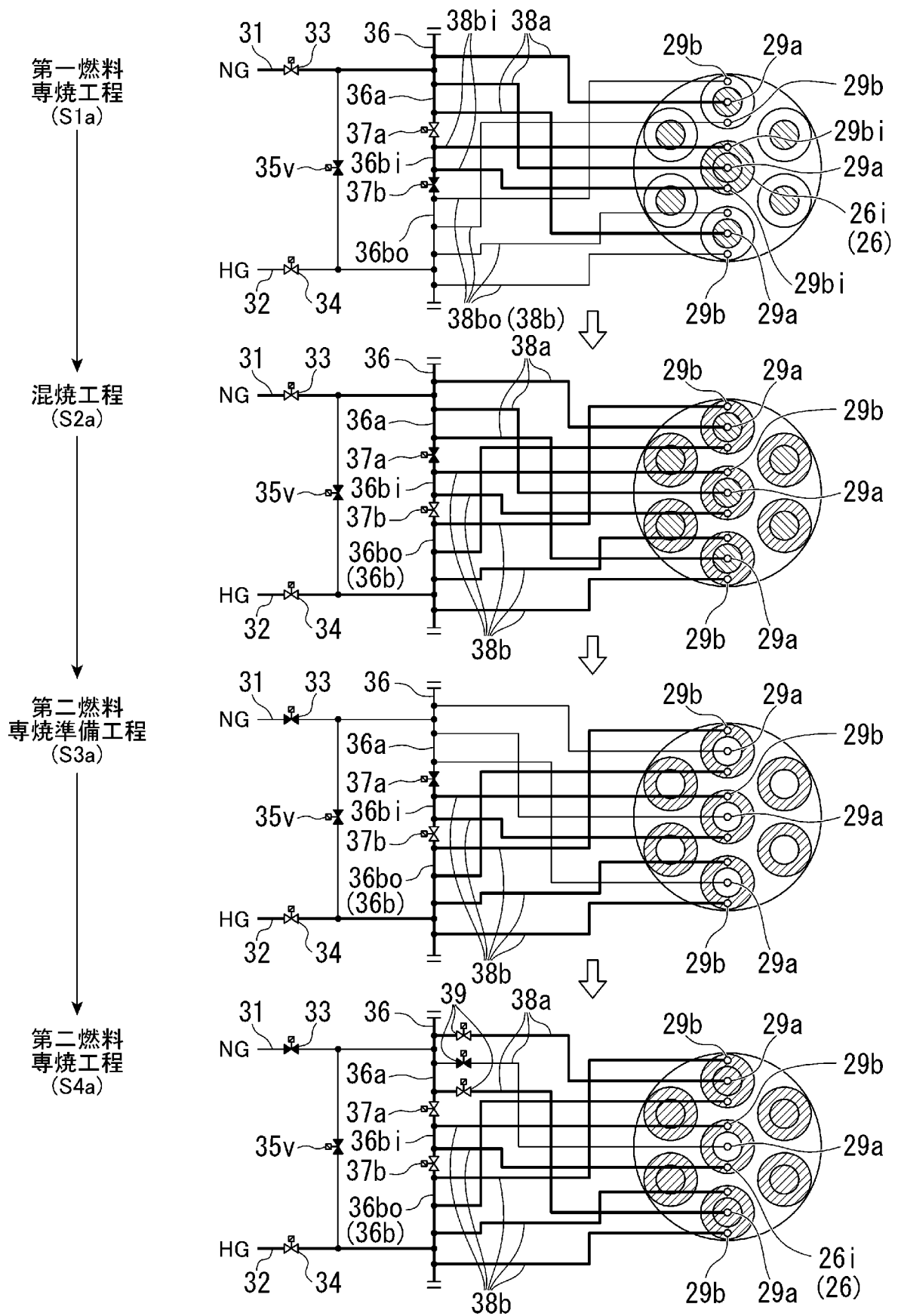
[图5]



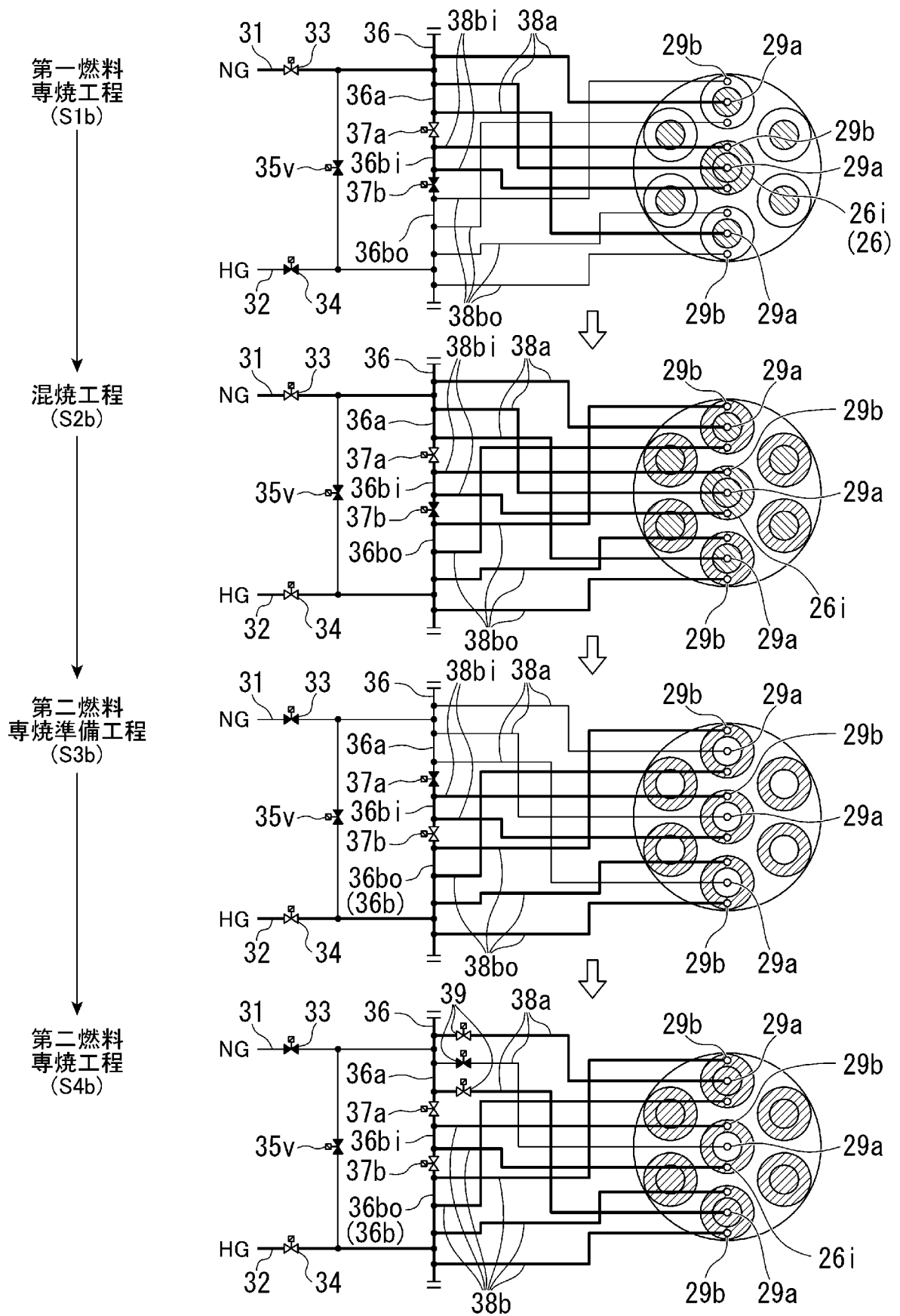
[図6]



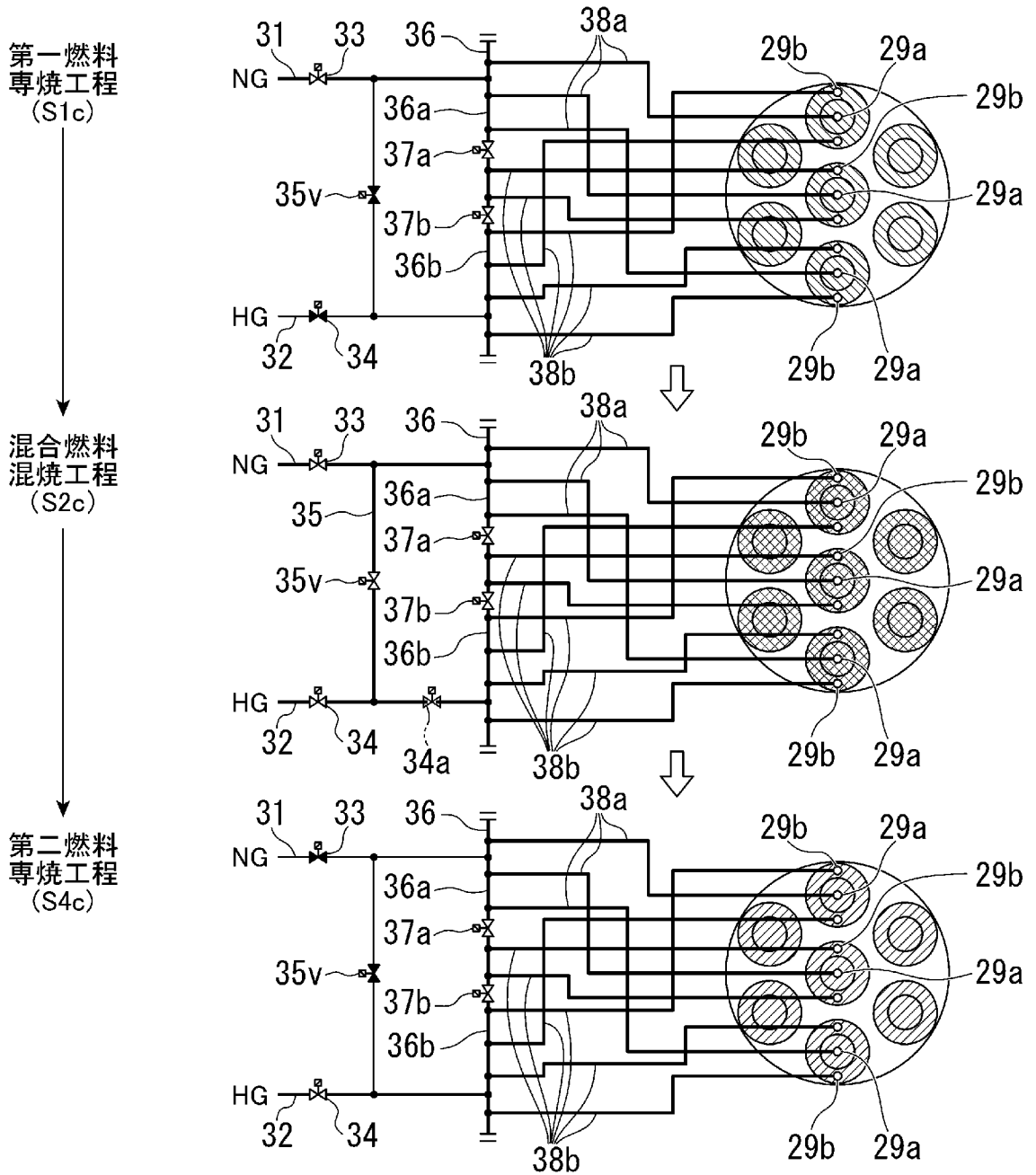
[図7]



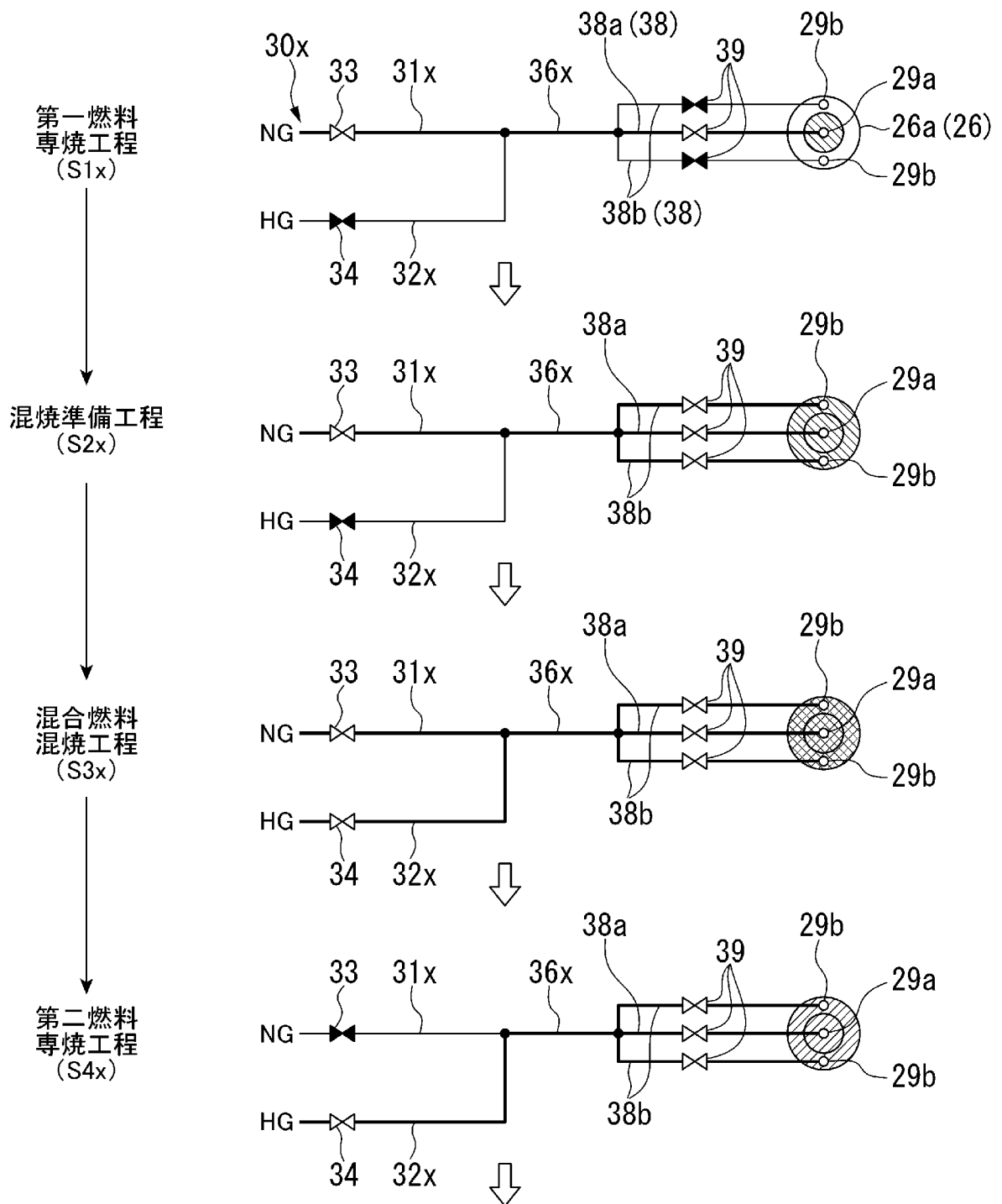
[图8]



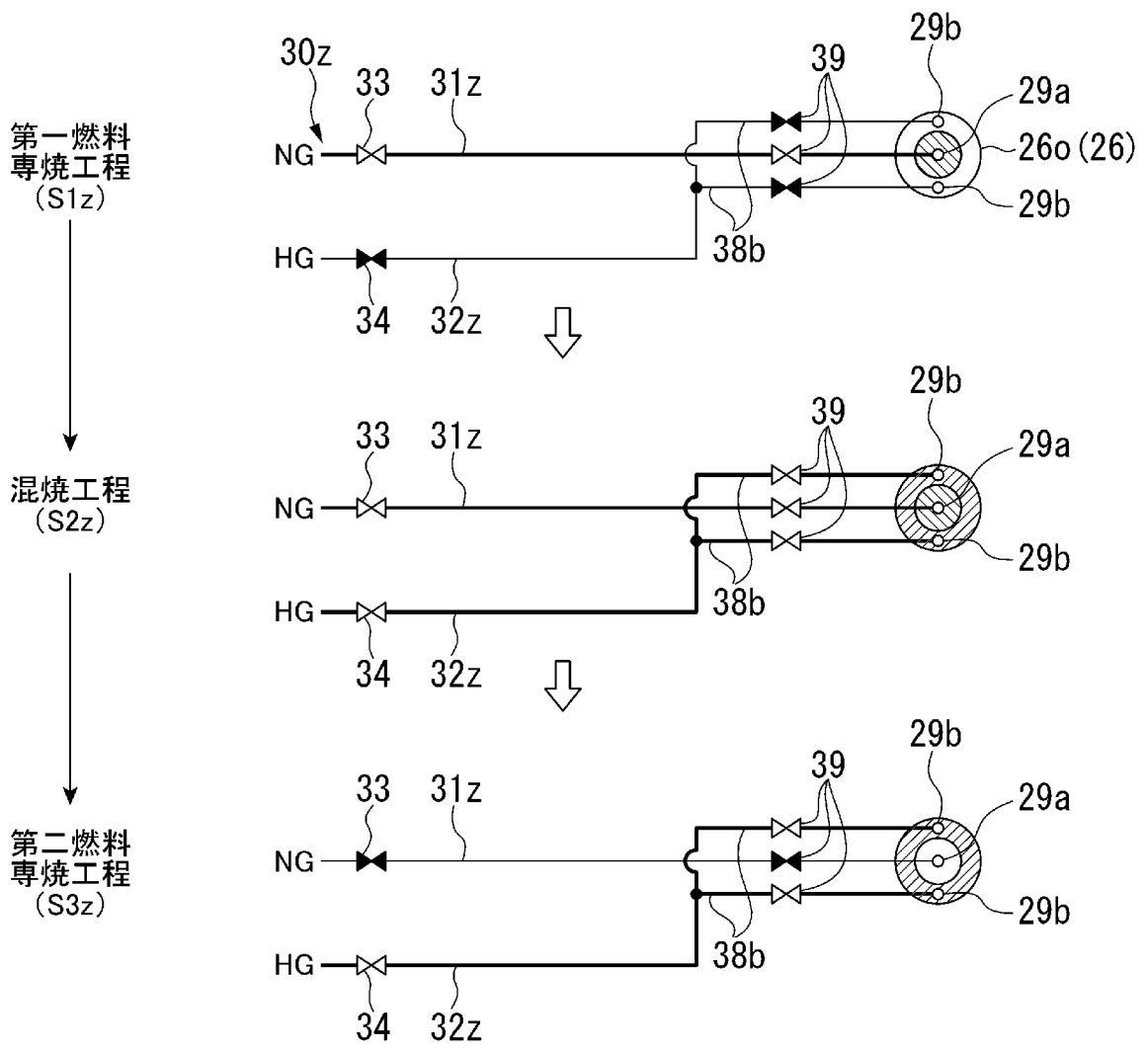
[图9]



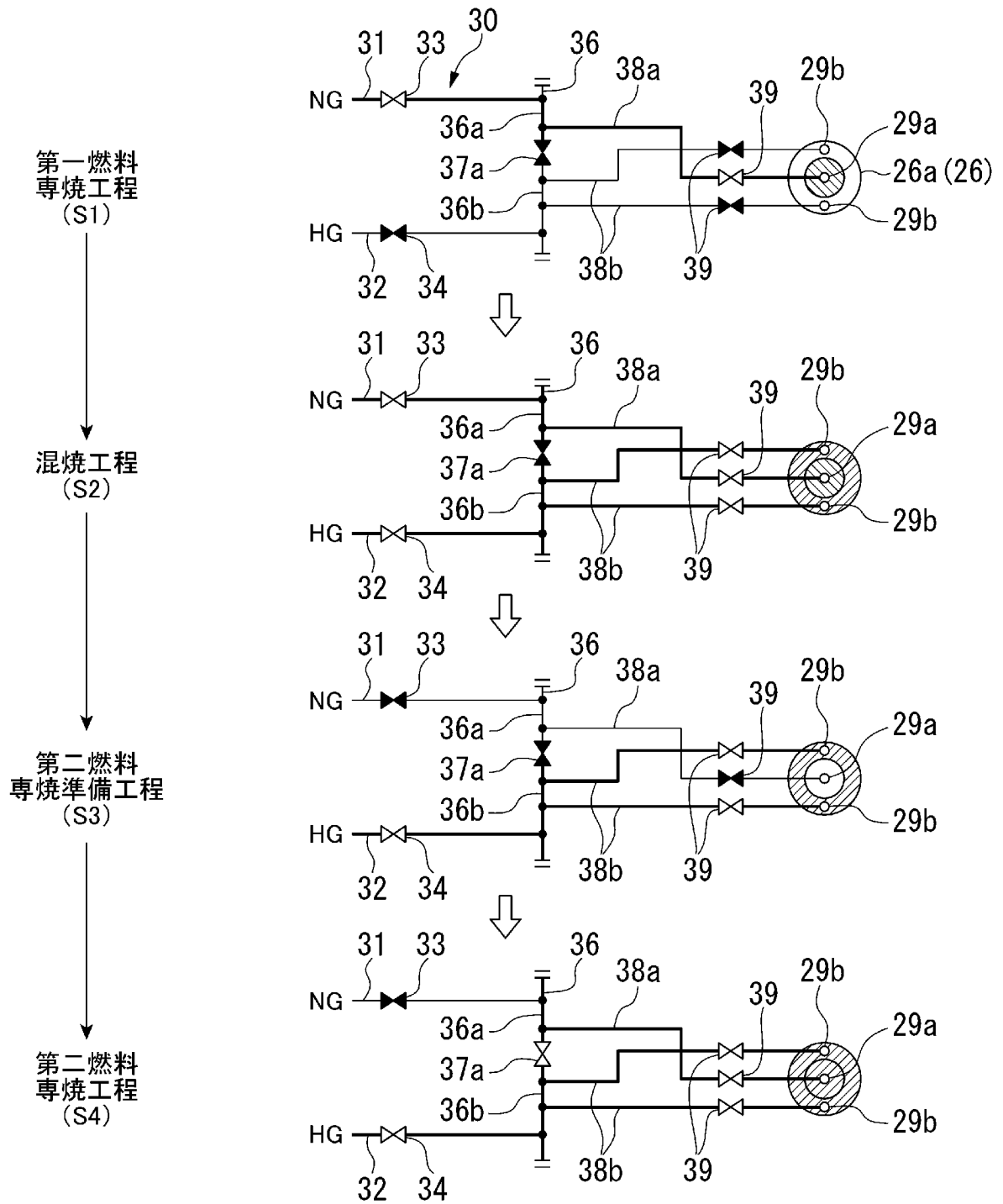
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/018484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p><i>F02C 9/40</i>(2006.01)i; <i>F02C 7/22</i>(2006.01)i; <i>F02C 7/228</i>(2006.01)i; <i>F02C 7/232</i>(2006.01)i; <i>F23R 3/10</i>(2006.01)i; <i>F23R 3/28</i>(2006.01)i; <i>F23R 3/30</i>(2006.01)i; <i>F23R 3/36</i>(2006.01)i FI: F02C9/40 A; F23R3/36; F23R3/28 D; F02C7/232 B; F02C7/22 A; F23R3/30; F23R3/10; F02C7/228</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02C9/40; F02C7/22; F02C7/228; F02C7/232; F23R3/10; F23R3/28; F23R3/30; F23R3/36		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-105601 A (HITACHI, LTD.) 09 June 2014 (2014-06-09) entire text, all drawings	1-15
A	WO 2022/210710 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 06 October 2022 (2022-10-06) entire text, all drawings	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“D” document cited by the applicant in the international application</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 22 July 2024		Date of mailing of the international search report 30 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/018484

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2014-105601 A	09 June 2014	(Family: none)	
WO 2022/210710 A1	06 October 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F02C 9/40(2006.01)i; F02C 7/22(2006.01)i; F02C 7/228(2006.01)i; F02C 7/232(2006.01)i; F23R 3/10(2006.01)i; F23R 3/28(2006.01)i; F23R 3/30(2006.01)i; F23R 3/36(2006.01)i FI: F02C9/40 A; F23R3/36; F23R3/28 D; F02C7/232 B; F02C7/22 A; F23R3/30; F23R3/10; F02C7/228		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F02C9/40; F02C7/22; F02C7/228; F02C7/232; F23R3/10; F23R3/28; F23R3/30; F23R3/36 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-105601 A（株式会社日立製作所）09.06.2014（2014-06-09） 全文、全図	1-15
A	WO 2022/210710 A1（三菱重工業株式会社）06.10.2022（2022-10-06） 全文、全図	1-15
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 22.07.2024	国際調査報告の発送日 30.07.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 佐々木 淳 3G 4477 電話番号 03-3581-1101 内線 3355	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/018484

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-105601 A	09.06.2014	(ファミリーなし)	
WO 2022/210710 A1	06.10.2022	(ファミリーなし)	