

(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  
2025年2月13日(13.02.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/033090 A1

(51) 国際特許分類:

F23R 3/28 (2006.01) F23R 3/34 (2006.01)  
F02C 7/22 (2006.01) F23R 3/36 (2006.01)  
F02C 9/40 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/025054

(22) 国際出願日: 2024年7月11日(11.07.2024)

(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 2023-128011 2023年8月4日(04.08.2023) JP

(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).

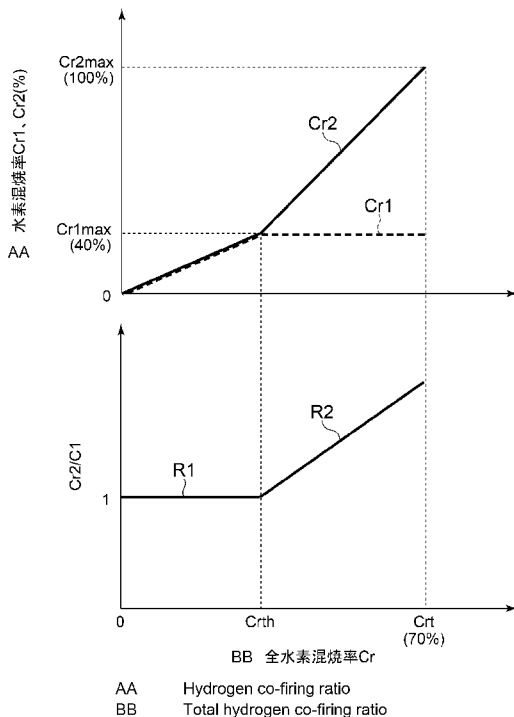
(71) 出願人 (KR についてのみ): 三菱パワー株式会社 (MITSUBISHI POWER, LTD.) [JP/JP];

〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 宮本 健司 (MIYAMOTO, Kenji); 〒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). 中村 聡介 (NAKAMURA, Sosuke); 〒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). 松村 嘉和 (MATSUMURA, Yoshikazu); 〒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). 木下 泰希 (KINOSHITA, Taiki); 〒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). 道免 昌平 (DOMEN, Shohei); 〒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). 岡南 貴大 (OKANAMI, Takahiro); 〒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). 渡邊 真宏 (WATANABE, Masahiro); 〒1008332

(54) Title: METHOD FOR OPERATING GAS TURBINE

(54) 発明の名称: ガスタービンの運転方法



(57) Abstract: According to the present invention, a gas turbine comprises: a first fuel injection nozzle which is capable of injecting a first fuel; and a second fuel injection nozzle which is capable of injecting a second fuel and is on a downstream side of the first fuel injection nozzle. The first fuel and the second fuel include hydrogen and fuel other than hydrogen, and are combusted by a combustor of the gas turbine. In a method for operating this gas turbine, when a total hydrogen co-firing ratio corresponding to the total fuel supplied to the combustor is increased to a preset target total hydrogen co-firing ratio value, a second hydrogen co-firing ratio corresponding to the second fuel is controlled to increase while restricting a first hydrogen co-firing ratio corresponding to the first fuel to a first maximum hydrogen co-firing ratio or less, if the total hydrogen co-firing ratio is equal to or greater than a threshold value.

WO 2025/033090 A1

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: S S I P 弁理士法人 (SSIP PATENT ATTORNEY CORPORATION); 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 三田43MTビル13階 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))

(57) 要約: ガスタービンは、第1燃料を噴射可能な第1燃料噴射ノズルと、第1燃料噴射ノズルより下流側に第2燃料を噴射可能な第2燃料噴射ノズルとを備える。第1燃料及び第2燃料は、水素と、水素以外の燃料とを含み、ガスタービンの燃焼器によって燃焼される。このガスタービンの運転方法では、燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された全水素混焼率目標値に増加させる際、全水素混焼率が閾値以上である場合、第1燃料に対応する第1水素混焼率を第1最大水素混焼率以下に制限しながら、第2燃料に対応する第2水素混焼率が増加するように制御される。

## 明 細 書

発明の名称：ガスタービンの運転方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、ガスタービンの運転方法に関する。

本願は、2023年8月4日に日本国特許庁に出願された特願2023-128011号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 例えば火力発電プラントでは、地球温暖化の原因となる二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量を削減する手段として、発電効率の向上や化石燃料以外の水素などの燃料を積極的に利用することが検討されている（例えば特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-046949号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 二酸化炭素の排出量を削減するためには、水素の混焼率を高めることが望ましい。しかし、水素は着火エネルギーが小さく、燃焼速度が速いため、水素の混焼率を高めると、火炎の逆流等を生じる可能性が高まってしまう。

[0005] 本開示の少なくとも一実施形態は上述の事情に鑑みなされたものであり、火炎の逆流等を抑制しつつ、水素混焼率を高めることが可能なガスタービンの運転方法を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本開示の少なくとも一実施形態に係るガスタービンの運転方法は、上記課題を解決するために、

燃焼室に第1燃料を噴射可能な第1燃料噴射ノズルと、前記燃焼室のうち前記第1燃料噴射ノズルより下流側に第2燃料を噴射可能な第2燃料噴射ノ

ズルとを備え、前記第1燃料及び前記第2燃料として、水素と、水素以外の燃料とを使用可能な燃焼器を備えるガスタービンの運転方法であって、

前記燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された全水素混焼率目標値に増加させる際に、前記全水素混焼率が閾値以上である場合、前記第1燃料に対応する第1水素混焼率を第1最大水素混焼率以下に制限しながら、前記第2燃料に対応する第2水素混焼率を増加させる。

### 発明の効果

[0007] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、火炎の逆流等を抑制しつつ、水素混焼率を高めることが可能なガスタービンの運転方法を提供できる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に係るガスタービンの概略構成図である。

[図2]図1の燃焼器の概略断面図である。

[図3]図2の燃料供給装置の概略構成図である。

[図4]一実施形態に係るガスタービン制御装置の構成図である。

[図5]図4のガスタービン制御装置による第1水素混焼率及び第2水素混焼率、並びに、両者の水素混焼率比の全水素混焼率に対する制御例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、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。

[0010] まず図1を参照して、本開示の少なくとも一実施形態に係るガスタービン運転方法の適用対象であるガスタービンの構成について説明する。図1は一実施形態に係るガスタービン1の概略構成図である。

[0011] ガスタービン1は、酸化剤としての圧縮空気を生成するための圧縮機2と、圧縮空気及び燃料を用いて燃焼ガスを発生させるための燃焼器4と、燃焼ガスによって回転駆動されるように構成されたタービン6と、を備える。発

電用のガスタービン 1 の場合、タービン 6 には不図示の発電機が連結され、タービン 6 の回転エネルギーによって発電が行われる。

[0012] 圧縮機 2 は、圧縮機車室 10 と、圧縮機車室 10 の入口側に設けられ、空気を取り込むための空気取入口 12 と、圧縮機車室 10 及び後述するタービン車室 22 を共に貫通するように設けられたロータ 8 と、圧縮機車室 10 内に配置された各種の翼と、を備える。各種の翼は、空気取入口 12 側に設けられた入口案内翼 14 と、圧縮機車室 10 側に固定された複数の静翼 16 と、静翼 16 に対して交互に配列されるようにロータ 8 に植設された複数の動翼 18 と、を含む。

[0013] 尚、圧縮機 2 は、不図示の抽気室等の他の構成要素を備えていてもよい。このような圧縮機 2 において、空気取入口 12 から取り込まれた空気は、複数の静翼 16 及び複数の動翼 18 を通過して圧縮されることで高温高圧の圧縮空気となる。そして、高温高圧の圧縮空気は圧縮機 2 から後段の燃焼器 4 に送られる。

[0014] 燃焼器 4 は、ケーシング 20 内に配置される。燃焼器 4 は、ケーシング 20 内にロータ 8 を中心として環状に複数配置されていてもよい。燃焼器 4 には燃料と圧縮機 2 で生成された圧縮空気とが供給され、燃料を燃焼させることによって、タービン 6 の作動流体である燃焼ガスを発生させる。そして、燃焼ガスは燃焼器 4 から後段のタービン 6 に送られる。

[0015] タービン 6 は、タービン車室 22 と、タービン車室 22 内に配置された各種の翼と、を備える。各種の翼は、タービン車室 22 側に固定された複数の静翼 24 と、静翼 24 に対して交互に配列されるようにロータ 8 に植設された複数の動翼 26 と、を含む。尚、タービン 6 は、出口案内翼等の他の構成要素を備えていてもよい。タービン 6 においては、燃焼ガスが複数の静翼 24 及び複数の動翼 26 を通過することでロータ 8 が回転駆動する。これにより、ロータ 8 に連結された発電機が駆動されるようになっている。

[0016] タービン車室 22 の下流側には、排気車室 28 を介して排気室 30 が連結されている。タービン 6 を駆動した後の燃焼ガスは、排気車室 28 及び排気

室30を介して外部へ排出される。

[0017] 図2は図1の燃焼器4の概略断面図であり、図3は図2の燃料供給装置70の概略構成図である。燃焼器4は、ケーシング20により画定される燃焼器車室40に設けられた燃焼器ライナ46と、燃焼器ライナ46内において第1燃料F1を噴射するための第1燃料噴射ノズル50と、第1燃料噴射ノズル50より下流側に第2燃料F2を噴射するための第2燃料噴射ノズル60とを含む。

[0018] 第1燃料噴射ノズル50、及び、第2燃料噴射ノズル60には、燃料供給装置70から第1燃料F1及び第2燃料F2がそれぞれ供給される。図3に示すように、燃料供給装置70は、燃料として水素FHと、水素以外の燃料である天然ガスFNとを使用可能であり、第1燃料F1及び第2燃料F2における水素混焼率（全燃料に対する水素FHの割合）を互いに独立調整可能である。

[0019] 燃料供給装置70は、水素FHを供給可能な水素供給源72と、天然ガスFNを供給可能な天然ガス供給源74とを備える。水素供給源72からの水素FHは、第1水素供給ライン73から、第2水素供給ライン75及び第3水素供給ライン76を介して、第1燃料噴射ノズル50及び第2燃料噴射ノズル60にそれぞれ供給可能である。第2水素供給ライン75には、第1燃料噴射ノズル50に対する水素FHの供給量を調節するための第1調節弁80が設けられる。第3水素供給ライン76には、第2燃料噴射ノズル60に対する水素FHの供給量を調節するための第2調節弁81が設けられる。第1調節弁80及び第2調節弁81の開度は、ガスタービン制御装置100からの制御信号に基づいて調節されることで、第1燃料噴射ノズル50に供給される第1燃料F1の水素混焼率（以下、適宜「第1水素混焼率Cr1」と称する）を調整可能である。

[0020] 天然ガス供給源74からの天然ガスFNは、第1天然ガス供給ライン77から、第2天然ガス供給ライン78及び第3天然ガス供給ライン79を介して、第1燃料噴射ノズル50及び第2燃料噴射ノズル60にそれぞれ供給可

能である。第2天然ガス供給ライン78には、第1燃料噴射ノズル50に対する天然ガスFNの供給量を調節するための第3調節弁82が設けられる。第3天然ガス供給ライン79には、第2燃料噴射ノズル60に対する天然ガスFNの供給量を調節するための第4調節弁83が設けられる。第3調節弁82及び第4調節弁83の開度は、ガスタービン制御装置100からの制御信号に基づいて調節されることで、第2燃料噴射ノズル60に供給される第2燃料F2の水素混焼率（以下、適宜「第2水素混焼率Cr2」と称する）を調整可能である。

[0021] 第1燃料噴射ノズル50から噴射された第1燃料F1、及び、第2燃料噴射ノズル60から噴射された第2燃料F2は、燃焼器ライナ46内において、圧縮機2からの燃焼用空気と混合されることで燃焼される。燃焼で生成された燃焼ガスは、燃焼器ライナ46の下流側に接続された尾筒48を介して、タービン6に供給される。

[0022] 続いて上記構成を有するガスタービン1を制御するためのガスタービン制御装置100について説明する。図4は一実施形態に係るガスタービン制御装置100の構成図である。

[0023] ガスタービン制御装置100は、ガスタービン1を制御するためのコントロールユニットであり、例えば、CPU（Central Processing Unit）、RAM（Random Access Memory）、ROM（Read Only Memory）、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムをCPUがRAM等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。尚、プログラムは、ROMやその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-

ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等である。

[0024] ガスタービン制御装置100は、図4に示すように、全混焼率目標値設定部102と、第1水素混焼率制御部104と、第2水素混焼率制御部106とを備える。

[0025] 全水素混焼率目標値設定部102は、全水素混焼率 $C_r$ （第1燃料噴射ノズル50に対して供給される第1燃料 $F_1$ 、及び、第2燃料噴射ノズル60に対して供給される第2燃料 $F_2$ の総量における水素 $F_H$ の割合）に関する目標値（以下、適宜「全水素混焼率目標値 $C_{rt}$ 」と称する）を設定するための構成である。

[0026] 第1水素混焼率制御部104は、第1燃料 $F_1$ に対応する第1水素混焼率 $C_{r1}$ を制御するための構成である。第1水素混焼率 $C_{r1}$ は、第1燃料 $F_1$ における水素混焼率であり、第1燃料 $F_1$ 全体に対する水素 $F_H$ の割合を示す指標である。具体的には、第1水素混焼率制御部104は、第1調節弁80及び第3調節弁82の開度を調整することにより、第1燃料 $F_1$ における水素 $F_H$ 及び天然ガス $F_N$ の比率として、第1水素混焼率 $C_{r1}$ を制御する。

[0027] 第2水素混焼率制御部106は、第2燃料 $F_2$ に対応する第2水素混焼率 $C_{r2}$ を制御するための構成である。第2水素混焼率 $C_{r2}$ は、第2燃料 $F_2$ における水素混焼率であり、第2燃料 $F_2$ 全体に対する水素 $F_H$ の割合を示す指標である。具体的には、第2水素混焼率制御部106は、第2調節弁81及び第4調節弁83の開度を調整することにより、第2燃料 $F_2$ における水素 $F_H$ 及び天然ガス $F_N$ の比率として、第2水素混焼率 $C_{r2}$ を制御する。

[0028] 続いて上記構成を有するガスタービン制御装置100によって実施されるガスタービン制御方法について説明する。図5は図4のガスタービン制御装置100による第1水素混焼率 $C_{r1}$ 及び第2水素混焼率 $C_{r2}$ 、並びに、両者の水素混焼率比 $C_{r2}/C_{r1}$ の、全水素混焼率 $C_r$ に対する制御例を示す図である。

- [0029] 本実施形態ではガスタービン制御装置100によって、初期状態において略ゼロである全水素混焼率 $C_r$ を、全水素混焼率目標値設定部102で設定された全水素混焼率目標値 $C_{rt}$  ( $>C_{rth}$ ) に到達するように次第に増加する場合を例に説明する。
- [0030] 全水素混焼率 $C_r$ がゼロから閾値 $C_{rth}$ 未満の範囲では、第1水素混焼率制御部104及び第2水素混焼率制御部106は、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第2水素混焼率 $C_{r2}$ 以下になるように、全水素混焼率 $C_r$ が増加制御される。すなわち、この範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第2水素混焼率 $C_{r2}$ 以下になるように抑制されながら、全水素混焼率 $C_r$ がゼロから閾値 $C_{rth}$ に向けて増加するように制御される。これにより、全水素混焼率 $C_r$ が比較的低い範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第2水素混焼率 $C_{r2}$ 以下になるように抑えられることで、火炎の逆流等が生じる可能性を、より確実に低減できる。
- [0031] この場合、全水素混焼率 $C_r$ がゼロから閾値 $C_{rth}$ 未満の範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第2水素混焼率 $C_{r2}$ と等しくなる運転点が存在してもよい。本実施形態では特に、全水素混焼率 $C_r$ がゼロから閾値 $C_{rth}$ 未満の範囲全体にわたって、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第2水素混焼率 $C_{r2}$ と等しくなるように（すなわち水素混焼率比 $C_{r2}/C_{r1}$ が略「1」で一定であるように）制御される。
- [0032] 一方、全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ 以上である範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第1最大水素混焼率 $C_{r1max}$ 以下になるように抑制されながら、第2水素混焼率 $C_{r2}$ が増加するように制御される。これにより、全水素混焼率 $C_r$ が比較的高くなった場合に、燃烧室4の比較的上流側に配置された第1燃料噴射ノズル50から噴射される第1燃料 $F_1$ に対応する第1水素混焼率 $C_{r1}$ が過大になることにより火炎の逆流等を生じる可能性を効果的に低減できる。一方で、燃烧室4の比較的下流側に配置された第2燃料噴射ノズル60から噴射される第2燃料 $F_2$ に対応する第2水素混焼率 $C_{r2}$ を増加させることにより、全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ を超えて全水

素混焼率目標値 $C_{rt}$ まで増加できる。このようにして、火炎の逆流等を抑制しつつ、高い水素混焼率を有する水素混焼運転を実現することができる。

[0033] 本実施形態では特に、全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ より大きい範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が、全水素混焼率 $C_r$ に関わらず第1最大水素混焼率 $C_{r1max}$ に一定に維持される。この第1最大水素混焼率 $C_{r1max}$ は、例えば40%に設定される。すなわち全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ を超える範囲では、第1水素混焼率 $C_{r1}$ は、最大で40%まで増加可能であり、それ以上増加させることはできない。これにより、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が過大になることにより、火炎の逆流等が生じる可能性を効果的に低減できる。

[0034] また全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ 以上である場合、第2水素混焼率 $C_{r2}$ は第2最大水素混焼率 $C_{r2max}$ 以下に制限される。本実施形態では、第2最大水素混焼率 $C_{r2max}$ は、例えば100%である。全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ 以上である範囲では、前述のように第1水素混焼率 $C_{r1}$ を第1最大水素混焼率 $C_{r1max}$ 以下に抑制しながらも、第2水素混焼率 $C_{r2}$ は第2最大水素混焼率 $C_{r2max}$ 以下である範囲で増加可能であることで、火炎の逆流等を防止しつつ、全水素混焼率 $C_r$ を従来より高い値まで上昇させることができる。例えば、全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ 以上である範囲において、第1水素混焼率 $C_{r1}$ を40%に維持しながら、第2水素混焼率 $C_{r2}$ を100%まで増加させることで、全水素混焼率 $C_r$ を70%まで向上させることができる。

[0035] 以上説明したように上記各実施形態によれば、全水素混焼率 $C_r$ を閾値 $C_{rth}$ を超えて増加させる際に、全水素混焼率 $C_r$ が閾値 $C_{rth}$ 以上である場合には、燃焼室の比較的上流側に配置された第1燃料噴射ノズル50から噴射される第1燃料 $F_1$ に対応する第1水素混焼率 $C_{r1}$ が第1最大水素混焼率 $C_{r1max}$ 以下に制限される。これにより、第1水素混焼率 $C_{r1}$ が過大になることにより火炎の逆流等を生じる可能性を効果的に低減できる。一方で、燃焼室の比較的下流側に配置された第2燃料噴射ノズル60から

噴射される第2燃料F<sub>2</sub>に対応する第2水素混焼率C<sub>r2</sub>を増加させることにより、全水素混焼率C<sub>r</sub>が閾値C<sub>rth</sub>を超えて全水素混焼率目標値C<sub>rt</sub>まで増加させられる。このようにして、火炎の逆流等を抑制しつつ、高い水素混焼率を有する水素混焼運転を実現することができる。

[0036] その他、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能であり、また、上記した実施形態を適宜組み合わせてもよい。

[0037] 上記各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。

[0038] (1) 一態様に係るガスタービンの運転方法は、

燃焼室に第1燃料を噴射可能な第1燃料噴射ノズルと、前記燃焼室のうち前記第1燃料噴射ノズルより下流側に第2燃料を噴射可能な第2燃料噴射ノズルとを備え、前記第1燃料及び前記第2燃料として、水素と、水素以外の燃料とを使用可能な燃焼器を備えるガスタービンの運転方法であって、

前記燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された全水素混焼率目標値に増加させる際に、前記全水素混焼率が閾値以上である場合、前記第1燃料に対応する第1水素混焼率を第1最大水素混焼率以下に制限しながら、前記第2燃料に対応する第2水素混焼率を増加させる。

[0039] 上記(1)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、全水素混焼率が閾値以上である場合には、燃焼室の比較的上流側に配置された第1燃料噴射ノズルから噴射される第1燃料に対応する第1水素混焼率が第1最大水素混焼率以下に制限される。これにより、第1燃料の水素混焼率が過大になることにより火炎の逆流等を生じる可能性を効果的に低減できる。一方で、燃焼室の比較的下流側に配置された第2燃料噴射ノズルから噴射される第2燃料に対応する第2水素混焼率を増加させることにより、全水素混焼率が閾値を超えて全水素混焼率目標値まで増加させられる。このようにして、火炎の逆流等を抑制しつつ、高い水素混焼率を有する水素混焼運転を実現することができる。

[0040] (2) 他の態様では、上記(1)の態様において、

前記全水素混焼率が前記閾値以上である場合、前記第1水素混焼率が前記第1最大水素混焼率に維持される。

[0041] 上記(2)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、全水素混焼率が閾値以上である場合には、第1水素混焼率が第1最大水素混焼率以下になるように一定に維持される。これにより、第1燃料の水素混焼率が過大になることにより火炎の逆流等を生じる可能性を効果的に低減できる。

[0042] (3)他の態様では、上記(1)又は(2)の態様において、前記全水素混焼率が前記閾値未満である場合、前記第1水素混焼率が前記第2水素混焼率以下である。

[0043] 上記(3)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、全水素混焼率が閾値未満である場合には、第1水素混焼率が第2水素混焼率以下になるように調整される。

[0044] (4)他の態様では、上記(3)の態様において、前記全水素混焼率が前記閾値未満である場合、前記第1水素混焼率が前記第2水素混焼率に等しくなるときがある。

[0045] 上記(4)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、全水素混焼率が閾値未満である場合には、第1水素混焼率が第2水素混焼率と等しいタイミングがあるように、第1水素混焼率及び第2水素混焼率が調整される。

[0046] (5)他の態様では、上記(1)から(4)のいずれか一態様において、前記第1最大水素混焼率は40%である。

[0047] 上記(5)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、第1水素混焼率の上限値となる第1最大水素混焼率が40%に設定される。これにより、第1水素混焼率が過大になることにより、火炎の逆流等が生じる可能性を効果的に低減できる。

[0048] (6)他の態様では、上記(1)から(5)のいずれか一態様において、前記燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された

全水素混焼率目標値に増加させる際に、前記全水素混焼率が閾値以上である場合、前記第2水素混焼率は第2最大水素混焼率以下に制限される。

[0049] 上記(6)の態様によれば、全水素混焼率を閾値を超えて増加させる際に、第2水素混焼率は第2最大水素混焼率以下に制限される範囲で可変に制御されることにより、全水素混焼率を全水素混焼率目標値になるように調整できる。

[0050] (7)他の態様では、上記(6)の態様において、前記第2最大水素混焼率は100%である。

[0051] 上記(7)の態様によれば、第2水素混焼率の上限値である第2最大水素混焼率を100%に設定することで、第2水素混焼率の調整によって全水素混焼率の調整幅を広く確保できる。その結果、第1水素混焼率を第1最大水素混焼率以下に制限しながらも、高い全水素混焼率を実現できる。

[0052] (8)他の態様では、上記(1)から(6)のいずれか一態様において、前記全水素混焼率目標値の最大値が70%である。

[0053] 上記(8)の態様によれば、全水素混焼率を70%まで向上することで、従来に比べて高い水素混焼率におけるガスタービンの運転状態を実現できる。

## 符号の説明

- [0054] 1 ガスタービン  
2 圧縮機  
4 燃焼器  
6 タービン  
8 ロータ  
10 圧縮機車室  
12 空気取入口  
14 入口案内翼  
16 静翼  
18 動翼

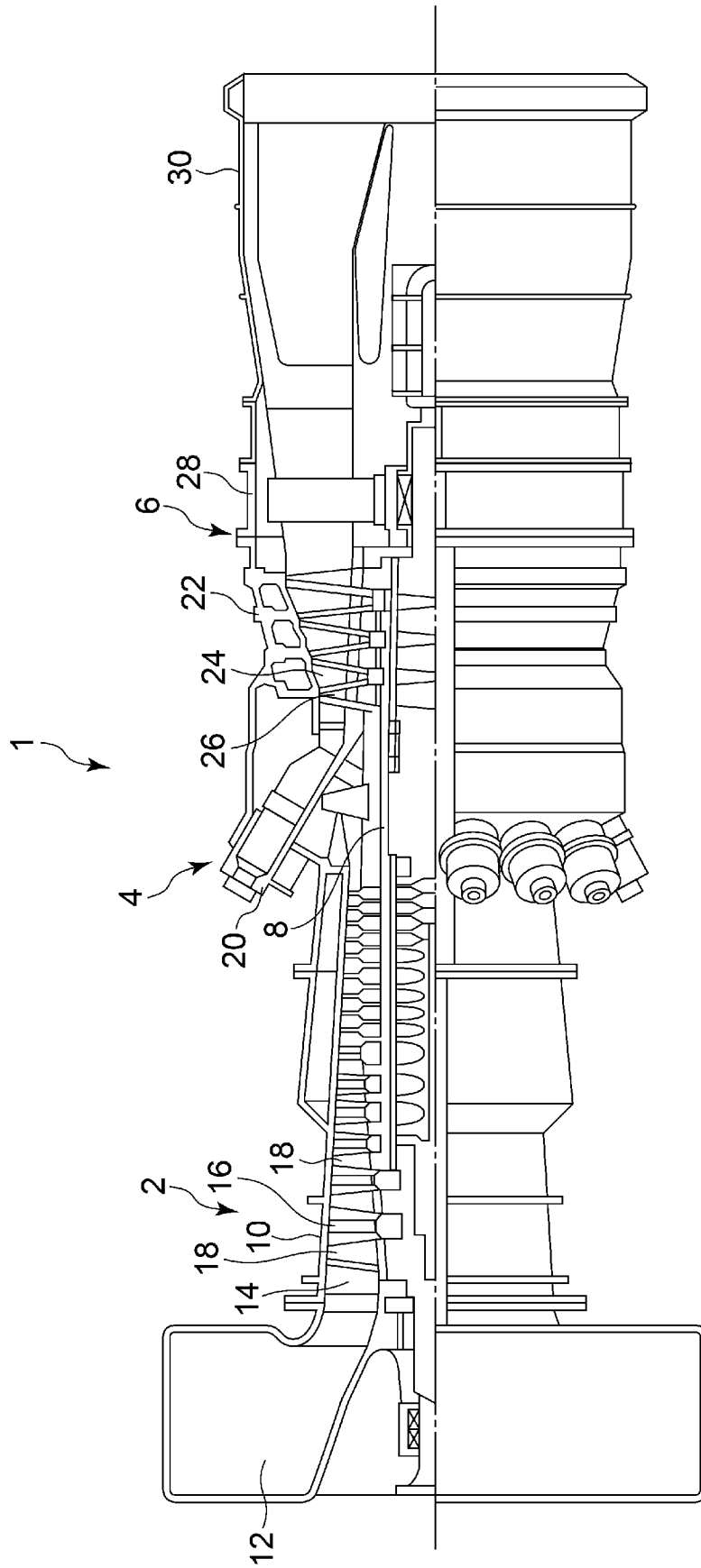
- 20 ケーシング
- 22 タービン車室
- 24 静翼
- 26 動翼
- 28 排気車室
- 30 排気室
- 40 燃焼器車室
- 46 燃焼器ライナ
- 48 尾筒
- 50 第1燃料噴射ノズル
- 60 第2燃料噴射ノズル
- 70 燃料供給装置
- 72 水素供給源
- 73 第1水素供給ライン
- 74 天然ガス供給源
- 75 第2水素供給ライン
- 76 第3水素供給ライン
- 77 第1天然ガス供給ライン
- 78 第2天然ガス供給ライン
- 79 第3天然ガス供給ライン
- 80 第1調節弁
- 81 第2調節弁
- 82 第3調節弁
- 83 第4調節弁 83
- 100 ガスタービン制御装置
- 102 全混焼率目標値設定部
- 104 第1水素混焼率制御部
- 106 第2水素混焼率制御部

## 請求の範囲

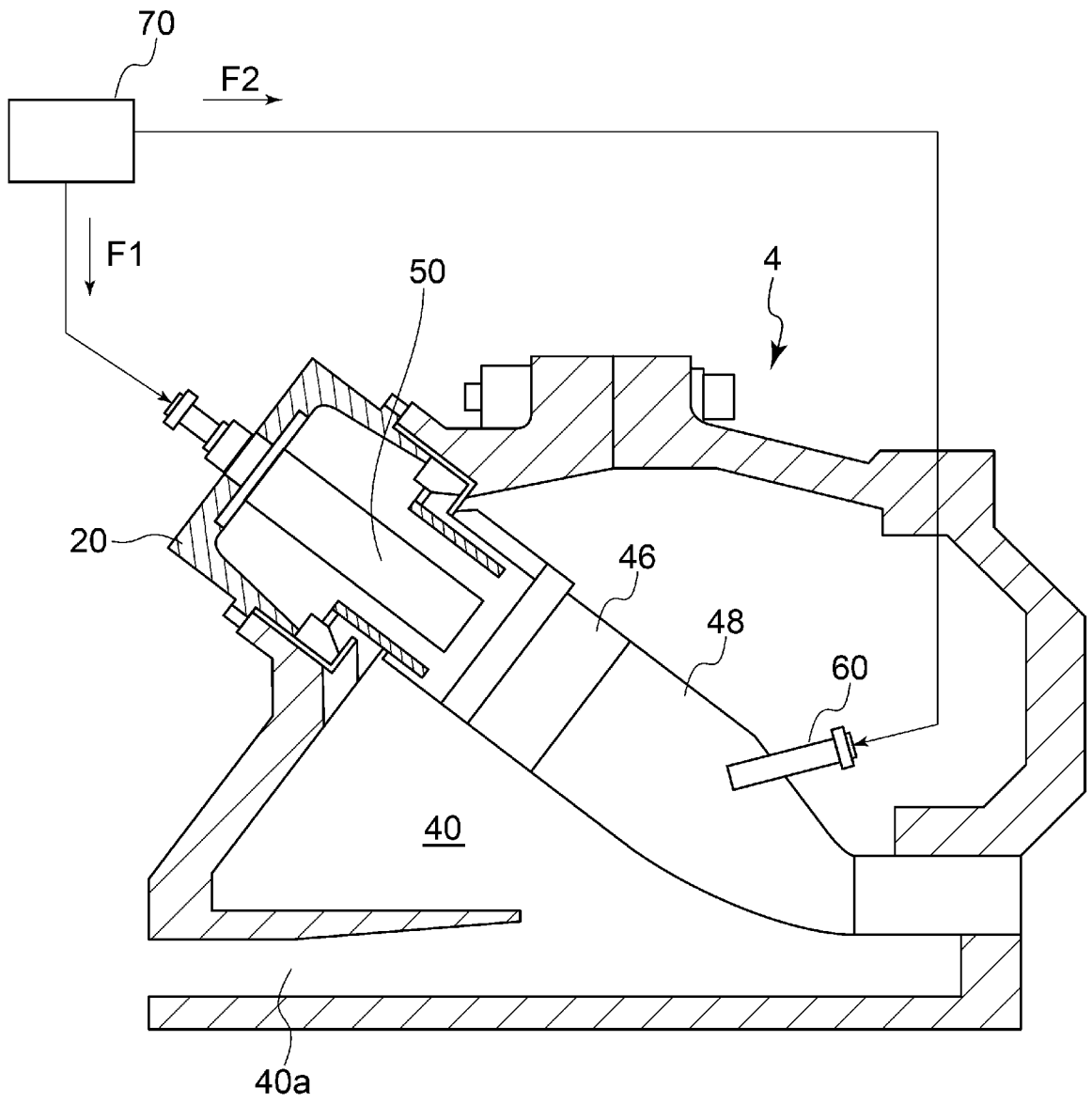
- [請求項1] 燃焼室に第1燃料を噴射可能な第1燃料噴射ノズルと、前記燃焼室のうち前記第1燃料噴射ノズルより下流側に第2燃料を噴射可能な第2燃料噴射ノズルとを備え、前記第1燃料及び前記第2燃料として、水素と、水素以外の燃料とを使用可能な燃焼器を備えるガスタービンの運転方法であって、
- 前記燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された全水素混焼率目標値に増加させる際に、前記全水素混焼率が閾値以上である場合、前記第1燃料に対応する第1水素混焼率を第1最大水素混焼率以下に制限しながら、前記第2燃料に対応する第2水素混焼率を増加させる、ガスタービンの運転方法。
- [請求項2] 前記全水素混焼率が前記閾値以上である場合、前記第1水素混焼率が前記第1最大水素混焼率に維持される、請求項1に記載のガスタービンの運転方法。
- [請求項3] 前記全水素混焼率が前記閾値未満である場合、前記第1水素混焼率が前記第2水素混焼率以下である、請求項1又は2に記載のガスタービンの運転方法。
- [請求項4] 前記全水素混焼率が前記閾値未満である場合、前記第1水素混焼率が前記第2水素混焼率に等しくなるときがある、請求項3に記載のガスタービンの運転方法。
- [請求項5] 前記第1最大水素混焼率は40%である、請求項1又は2に記載のガスタービンの運転方法。
- [請求項6] 前記燃焼器に供給される全燃料に対応する全水素混焼率を予め設定された全水素混焼率目標値に増加させる際に、前記全水素混焼率が閾値以上である場合、前記第2水素混焼率は第2最大水素混焼率以下に制限される、請求項1又は2に記載のガスタービンの運転方法。
- [請求項7] 前記第2最大水素混焼率は100%である、請求項6に記載のガスタービンの運転方法。

[請求項8] 前記全水素混焼率目標値の最大値が70%である、請求項1又は2に記載のガスタービンの運転方法。

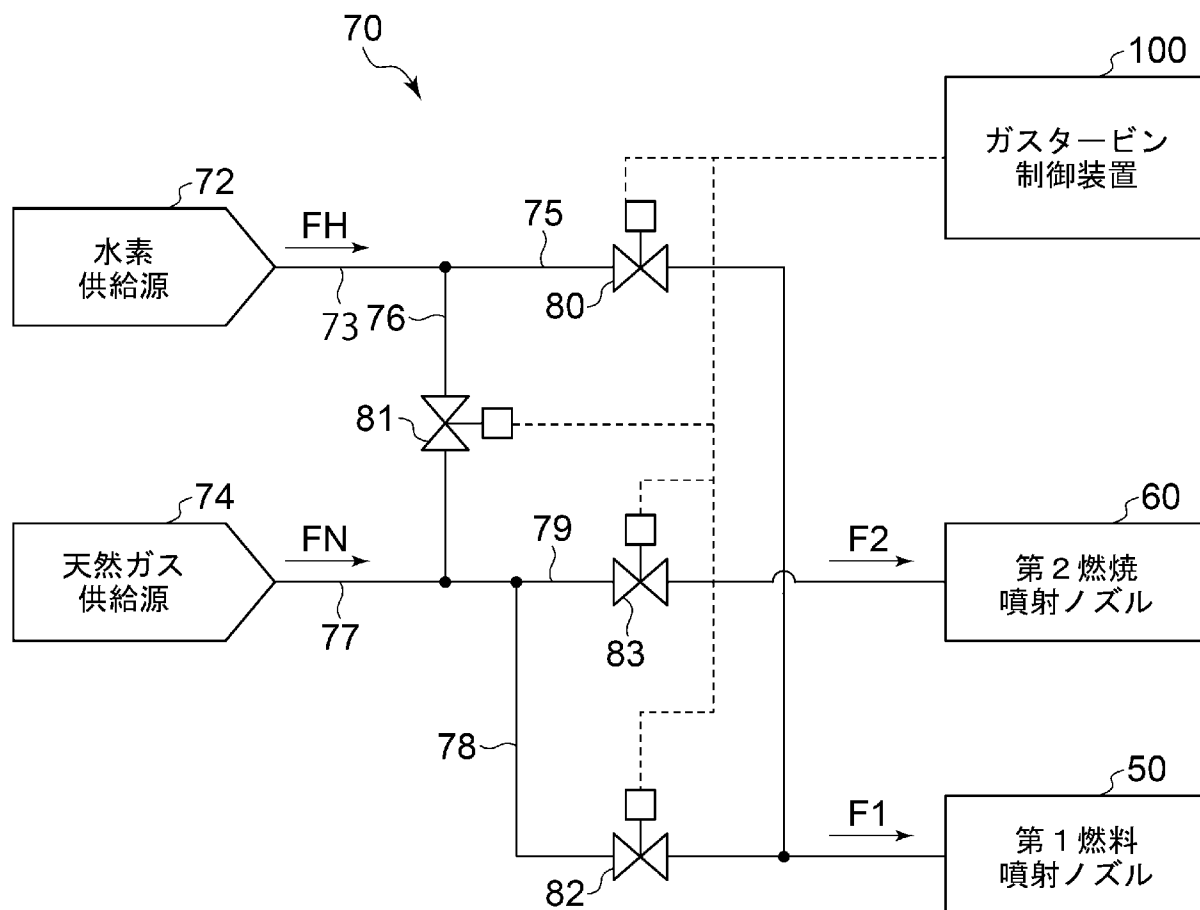
[図1]



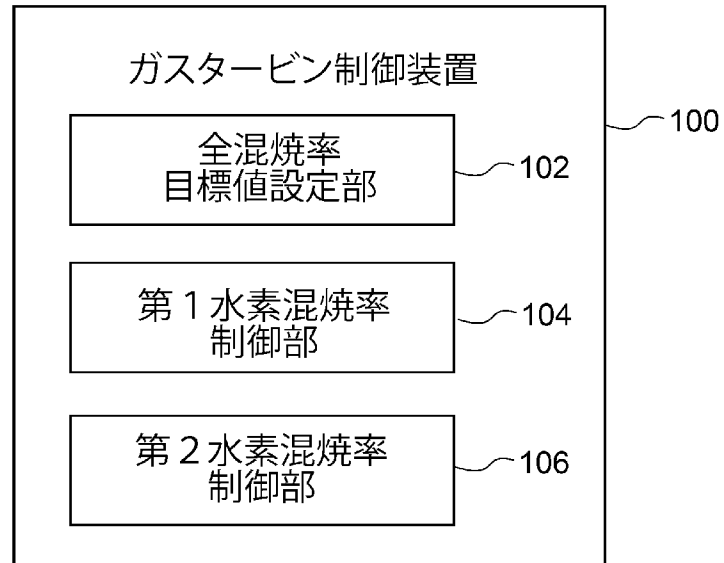
[図2]



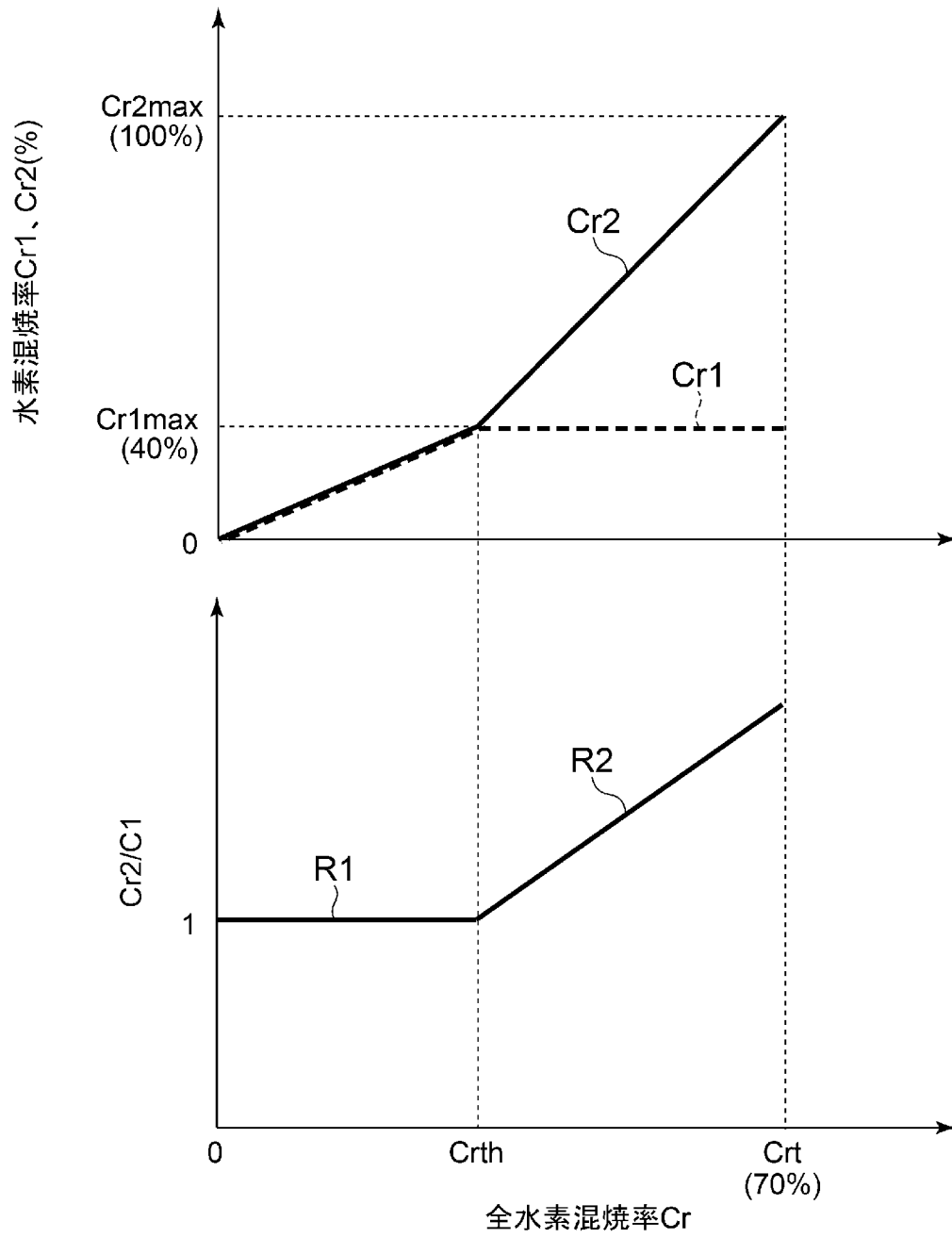
[図3]



[図4]



[図5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/025054

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**F23R 3/28**(2006.01)i; **F02C 7/22**(2006.01)i; **F02C 9/40**(2006.01)i; **F23R 3/34**(2006.01)i; **F23R 3/36**(2006.01)i  
 FI: F23R3/28 F; F02C7/22 A; F02C9/40 A; F23R3/34; F23R3/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02C7/22; F02C9/40; F23R3/28; F23R3/34; 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	WO 2014/092185 A1 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 19 June 2014 (2014-06-19) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2023-66375 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 15 May 2023 (2023-05-15) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2011-75174 A (HITACHI, LTD.) 14 April 2011 (2011-04-14) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2023/140183 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 27 July 2023 (2023-07-27) entire text, all drawings	1-8
A	CN 112228906 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 15 January 2021 (2021-01-15) entire text, all drawings	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “D” document cited by the applicant in the international application  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “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)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**05 August 2024**

Date of mailing of the international search report

**20 August 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/JP2024/025054**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2014/092185	A1	19 June 2014	US 2015/0275755 A1 entire text, all drawings	
				EP 2933561 A1	
				CA 2894643 A1	
				CN 104870902 A	
-----					
JP	2023-66375	A	15 May 2023	US 2023/0136865 A1 entire text, all drawings	
				US 11566790 B1	
				EP 4174379 A1	
				KR 10-2023-0061265 A	
-----					
JP	2011-75174	A	14 April 2011	US 2011/0094239 A1 entire text, all drawings	
				EP 2309189 A2	
				CN 102032568 A	
-----					
WO	2023/140183	A1	27 July 2023	(Family: none)	
-----					
CN	112228906	A	15 January 2021	(Family: none)	
-----					

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F23R 3/28(2006.01)i; F02C 7/22(2006.01)i; F02C 9/40(2006.01)i; F23R 3/34(2006.01)i; F23R 3/36(2006.01)i FI: F23R3/28 F; F02C7/22 A; F02C9/40 A; F23R3/34; F23R3/36		
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）） F02C7/22; F02C9/40; F23R3/28; F23R3/34; 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	WO 2014/092185 A1 (川崎重工業株式会社) 19.06.2014 (2014 - 06 - 19) 全文, 全図	1-8
A	JP 2023-66375 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 15.05.2023 (2023 - 05 - 15) 全文, 全図	1-8
A	JP 2011-75174 A (株式会社日立製作所) 14.04.2011 (2011 - 04 - 14) 全文, 全図	1-8
A	WO 2023/140183 A1 (三菱重工業株式会社) 27.07.2023 (2023 - 07 - 27) 全文, 全図	1-8
A	CN 112228906 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 15.01.2021 (2021 - 01 - 15) 全文, 全図	1-8
<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、一般的技术水準を示すもの “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	05.08.2024	国際調査報告の発送日 20.08.2024
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）  小関 峰夫 3G 8511  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/JP2024/025054

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2014/092185	A1	19.06.2014	US	2015/0275755	A1	
				全文, 全図			
				EP	2933561	A1	
				CA	2894643	A1	
				CN	104870902	A	
-----							
JP	2023-66375	A	15.05.2023	US	2023/0136865	A1	
				全文, 全図			
				US	11566790	B1	
				EP	4174379	A1	
				KR	10-2023-0061265	A	
-----							
JP	2011-75174	A	14.04.2011	US	2011/0094239	A1	
				全文, 全図			
				EP	2309189	A2	
				CN	102032568	A	
-----							
WO	2023/140183	A1	27.07.2023	(ファミリーなし)			
-----							
CN	112228906	A	15.01.2021	(ファミリーなし)			
-----							