(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
2014 年 5 月 30 日(30.05.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/080848 A1

(51) 国際特許分類:
H01M 8/04 (2006.01)　*F02C 6/18* (2006.01)
F02C 3/22 (2006.01)　*H01M 8/00* (2006.01)
F02C 6/00 (2006.01)　*H01M 8/12* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/080925

(22) 国際出願日: 2013 年 11 月 15 日(15.11.2013)

(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 2012-256906 2012 年 11 月 22 日(22.11.2012) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中本　行政(NAKAMOTO, Yukimasa); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 藤田　和徳(FUJITA, Kazunori); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 大澤　弘行(OZAWA, Hiroyuki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 酒井　宏明, 外(SAKAI, Hiroaki et al.); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目２番５号 霞が関ビルディング　酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

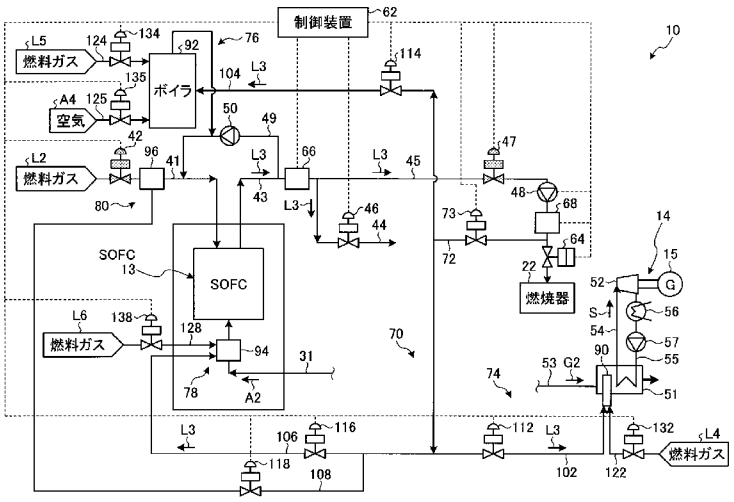
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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).

[続葉有]

(54) **Title**: POWER GENERATION SYSTEM AND OPERATION METHOD FOR POWER GENERATION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 発電システム及び発電システムの運転方法



22 COMBUSTOR
62 CONTROL DEVICE
92 BOILER
A4 AIR
L2, L4, L5, L6 FUEL GAS

(57) **Abstract**: A power generation system and an operation method for the power generation system, that have: a gas turbine (11) having a compressor (21) and a combustor (22); a fuel cell (13); a discharged fuel gas supply line (45) that supplies discharged fuel gas discharged from the fuel cell (13) to the gas turbine (11); a discharged fuel gas discharge line (72) that connects to the discharged fuel gas supply line (45); a heating means (70) that combusts the discharged fuel gas supplied by the discharged fuel gas discharge line (72) and heats a heating target; and a control unit (control device) (62) that controls the supply destination for the discharged fuel gas.

(57) 要約: 発電システム及び発電システムの運転方法において、圧縮機（２１）と燃焼器（２２）を有するガスタービン（１１）と、燃料電池（１３）と、燃料電池（１３）から排出される排燃料ガスをガスタービン（１１）に供給する排燃料ガス供給ライン（４５）と、排燃料ガス供給ライン（４５）に接続する排燃料ガス排出ライン（７２）と、排燃料ガス排出ライン（７２）により供給される排燃料ガスを燃焼させて加熱対象を加熱させる加熱手段（７０）と、排燃料ガスの供給先を制御する制御部（制御装置）（６２）と、を有する。

WO 2014/080848 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 発電システム及び発電システムの運転方法

技術分野

[0001] 本発明は、固体酸化物形燃料電池とガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電システム及び発電システムの運転方法に関するものである。

背景技術

[0002] 固体酸化物形燃料電池（Ｓｏｌｉｄ　Ｏｘｉｄｅ　Ｆｕｅｌ　Ｃｅｌｌ：以下ＳＯＦＣ）は、用途の広い高効率な燃料電池として知られている。このＳＯＦＣは、イオン導電率を高めるために作動温度が高くされているので、空気極側に供給する空気（酸化剤）としてガスタービンの圧縮機から吐出された圧縮空気を使用することができる。また、ＳＯＦＣから排気された高温の排燃料ガスをガスタービンの燃焼器の燃料として使用することができる。

[0003] このため、例えば、下記特許文献１に記載されるように、高効率発電を達成することができる発電システムとして、ＳＯＦＣとガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたものが各種提案されている。この特許文献１に記載されたコンバインドシステムにおいて、ガスタービンは、空気を圧縮してＳＯＦＣに供給する圧縮機と、このＳＯＦＣから排気された排燃料ガスと圧縮空気から燃焼ガスを生成する燃焼器を有したものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２００９－２０５９３２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した従来の発電システムでは、ＳＯＦＣの起動時において、ＳＯＦＣへ燃料ガスの供給を開始してから一定の期間にＳＯＦＣから排気される排燃料ガスは、成分が安定しない。そのため、この期間においては、排燃料ガスを燃焼器に供給することが困難となる。また、発電システムでは、ガスター

ビンの出力によって必要な燃料のカロリーが変動する。必要な燃料のカロリーが変動すると、投入する排燃料ガスの量も変動する。そのため、燃焼器に供給できない排燃料ガスが生じ、排燃料ガスを効率よく利用することができない。

[0006] 本発明は、上述した課題を解決するものであり、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる発電システム及び発電システム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

[0007] 上記の目的を達成するための本発明の発電システムは、圧縮機と燃焼器を有するガスタービンと、燃料電池と、前記燃料電池から排出される排燃料ガスを前記ガスタービンに供給する排燃料ガス供給ラインと、前記排燃料ガス供給ラインに接続する排燃料ガス排出ラインと、前記排燃料ガス排出ラインにより供給される前記排燃料ガスを燃焼させて加熱対象を加熱させる加熱手段と、前記燃料電池から排出される前記排燃料ガスの供給先を制御する制御部と、を有することを特徴とする。

[0008] 従って、加熱手段を設けることで、加熱手段によりガスタービンに供給しない排燃料ガスを燃料させることができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0009] 本発明の発電システムでは、前記ガスタービンから排出される排ガスに含まれる熱を回収する熱交換器をさらに有し、前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記熱交換器に供給する排ガスを加熱する排ガス加熱部を含むことを特徴とする。

[0010] 従って、熱交換器で回収できる熱量を増加させることができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0011] 本発明の発電システムでは、前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給される燃料ガスに供給する蒸気を発生する蒸気発生部を含むことを特徴とする。

[0012] 従って、排燃料ガスを燃焼させて蒸気を生成することができる。また、蒸

気に含まれた熱を発電に利用することができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0013] 本発明の発電システムでは、前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給する空気を加熱する空気加熱部を含むことを特徴とする。

[0014] 従って、排燃料ガスを燃焼させて空気を加熱することができる。また、加熱した空気に含まれた熱を発電に利用することができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0015] 本発明の発電システムでは、前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給する燃料ガスを加熱する燃料ガス加熱部を含むことを特徴とする。

[0016] 従って、排燃料ガスを燃焼させて燃料を加熱することができる。また、加熱した空気に含まれた熱を発電に利用することができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0017] 本発明の発電システムでは、前記排燃料ガス排出ラインよりも上流側の前記排燃料ガスの状態を検出する状態検出部を有し、前記状態検出部で検出した結果に基づいて、排燃料ガスの状態が安定したと判定した場合、前記ガスタービンへの前記排燃料ガスの供給を開始することを特徴とする。

[0018] 従って、状態が安定した排燃料ガスをガスタービンに供給することができる。これにより、ガスタービンを効率よく運転することができ、制御を簡単にすることができる。また、状態が安定しない排燃料ガスは、加熱手段で活用できるため、排燃料ガスを有効に活用することができる。

[0019] 本発明の発電システムでは、前記燃料電池から前記排燃料ガス供給ライン及び前記排燃料ガス排出ラインに供給される排燃料ガスの流量を検出する流量検出部を有し、前記制御部は、前記流量検出部の検出結果に基づいて、前記排燃料ガス供給ラインに供給する排燃料ガスの流量と、前記排燃料ガス排出ラインに供給する排燃料ガスの流量と、を制御することを特徴とする。

[0020] 従って、ガスタービンに供給しない排燃料ガスを加熱手段に供給すること

ができる。これにより、ガスタービンに過剰な排燃料ガスが供給されることを抑制でき、効率よく運転することができ、制御を簡単にすることができる。また、ガスタービンに供給しない排燃料ガスを加熱手段で活用できるため、排燃料ガスを有効に活用することができる。

[0021] また、本発明の発電システムの運転方法は、圧縮機と燃焼器を有するガスタービンと、燃料電池と、排燃料ガスを燃焼させて加熱対象を加熱させる加熱手段と、を有する発電システムの運転方法であって、前記燃料電池からガスタービンに向けて排出される排燃料ガスの状態を検出する工程と、検出した排燃料ガスの状態に基づいて、前記ガスタービンに供給しない前記排燃料ガスがあるかを判定する工程と、前記ガスタービンに供給しない排燃料ガスがあると判定した場合、前記加熱手段に前記排燃料ガスを供給する工程と、を有することを特徴とする。

[0022] 従って、加熱手段によりガスタービンに供給しない排燃料ガスを燃料させることができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

発明の効果

[0023] 本発明の発電システム及び発電システムの運転方法によれば、ガスタービンに供給しない排燃料ガスを加熱手段で加熱して、発電システムの各部で活用することができる。これにより、燃料電池から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図１は、本実施例の発電システムを表す概略構成図である。

[図2]図２は、本発明の一実施例に係る発電システムにおける加熱手段及び排燃料ガス排出ラインを示す概略構成図である。

[図3]図３は、燃料ガス加熱部のバスヒータを示す概略構成図である。

[図4]図４は、本実施例の発電システムの駆動動作の一例を示すフローチャートである。

[図5]図５は、本実施例の発電システムの排燃料ガスの流れを制御する弁の動

作のタイミングを表すタイムチャートである。

[図6]図６は、本実施例の発電システムの駆動動作の一例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

[0025] 以下に添付図面を参照して、本発明に係る発電システム及び発電システムの運転方法の好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせて構成するものも含むものである。

実施例

[0026] 本実施例の発電システムは、固体酸化物形燃料電池（以下、ＳＯＦＣと称する。）とガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたトリプルコンバインドサイクル（Ｔｒｉｐｌｅ　Ｃｏｍｂｉｎｅｄ　Ｃｙｃｌｅ：登録商標）である。このトリプルコンバインドサイクルは、ガスタービンコンバインドサイクル発電（ＧＴＣＣ）の上流側にＳＯＦＣを設置することにより、ＳＯＦＣ、ガスタービン、蒸気タービンの３段階で発電することができるため、極めて高い発電効率を実現することができる。なお、以下の説明では、本発明の燃料電池として固体酸化物形燃料電池を適用して説明するが、この形式の燃料電池に限定されるものではない。

[0027] 図１は、本実施例の発電システムを表す概略構成図である。本実施例において、図１に示すように、発電システム１０は、ガスタービン１１及び発電機１２と、ＳＯＦＣ１３と、蒸気タービン１４及び発電機１５とを有している。この発電システム１０は、ガスタービン１１による発電と、ＳＯＦＣ１３による発電と、蒸気タービン１４による発電とを組み合わせることで、高い発電効率を得るように構成したものである。また、発電システム１０は、制御装置６２を備えている。制御装置６２は、入力された設定、入力された指示及び検出部で検出した結果等に基づいて、発電システム１０の各部の動作を制御する。

[0028] ガスタービン１１は、圧縮機２１、燃焼器２２、タービン２３を有してお

り、圧縮機２１とタービン２３は、回転軸２４により一体回転可能に連結されている。圧縮機２１は、空気取り込みライン２５から取り込んだ空気Ａを圧縮する。燃焼器２２は、圧縮機２１から第１圧縮空気供給ライン２６を通して供給された圧縮空気Ａ１と、第１燃料ガス供給ライン２７から供給された燃料ガスＬ１とを混合して燃焼する。タービン２３は、燃焼器２２から排ガス供給ライン２８を通して供給された燃焼ガスＧ１により回転する。なお、図示しないが、タービン２３は、圧縮機２１で圧縮された圧縮空気Ａ１が車室を通して供給され、この圧縮空気Ａ１を冷却空気として翼などを冷却する。発電機１２は、タービン２３と同軸上に設けられており、タービン２３が回転することで発電することができる。なお、ここでは、燃焼器２２に供給する燃料ガスＬ１として、例えば、液化天然ガス（ＬＮＧ）を用いている。

[0029] ＳＯＦＣ１３は、還元剤としての高温の燃料ガスと酸化剤としての高温の空気（酸化性ガス）が供給されることで、所定の作動温度にて反応して発電を行うものである。このＳＯＦＣ１３は、圧力容器内に空気極と固体電解質と燃料極が収容されて構成される。空気極に圧縮機２１で圧縮された一部の圧縮空気Ａ２が供給され、燃料極に燃料ガスＬ２が供給されることで発電を行う。なお、ここでは、ＳＯＦＣ１３に供給する燃料ガスＬ２として、例えば、液化天然ガス（ＬＮＧ）、水素（H_2）及び一酸化炭素（ＣＯ）、メタン（CH_4）などの炭化水素ガス、石炭など炭素質原料のガス化設備により製造したガスを用いている。また、ＳＯＦＣ１３に供給される酸化性ガスは、酸素を略１５％～３０％含むガスであり、代表的には空気が好適であるが、空気以外にも燃焼排ガスと空気の混合ガスや、酸素と空気の混合ガスなどが使用可能である（以下、ＳＯＦＣ１３に供給される酸化性ガスを空気という）。

[0030] このＳＯＦＣ１３は、第１圧縮空気供給ライン２６から分岐した第２圧縮空気供給ライン３１が連結され、圧縮機２１が圧縮した一部の圧縮空気Ａ２を空気極の導入部に供給することができる。この第２圧縮空気供給ライン３

１は、供給する空気量を調整可能な制御弁３２と、圧縮空気Ａ２を昇圧可能なブロワ（昇圧機）３３とが圧縮空気Ａ２の流れ方向に沿って設けられている。制御弁３２は、第２圧縮空気供給ライン３１における圧縮空気Ａ２の流れ方向の上流側に設けられ、ブロワ３３は、制御弁３２の下流側に設けられている。ＳＯＦＣ１３は、空気極で用いられた圧縮空気Ａ３（排空気）を排出する排空気ライン３４が連結されている。この排空気ライン３４は、空気極で用いられた圧縮空気Ａ３を外部に排出する排出ライン３５と、燃焼器２２に連結される圧縮空気循環ライン３６とに分岐される。排出ライン３５は、排出する空気量を調整可能な制御弁３７が設けられ、圧縮空気循環ライン３６は、循環する空気量を調整可能な制御弁３８が設けられている。

[0031] また、ＳＯＦＣ１３は、燃料ガスＬ２を燃料極の導入部に供給する第２燃料ガス供給ライン４１が設けられている。第２燃料ガス供給ライン４１は、供給する燃料ガス量を調整可能な制御弁４２が設けられている。ＳＯＦＣ１３は、燃料極で用いられた排燃料ガスＬ３を排出する排燃料ライン４３が連結されている。この排燃料ライン４３は、外部に排出する排出ライン４４と、燃焼器２２に連結される排燃料ガス供給ライン４５とに分岐される。排出ライン４４は、排出する燃料ガス量を調整可能な制御弁４６が設けられ、排燃料ガス供給ライン４５は、供給する燃料ガス量を調整可能な制御弁４７と、排燃料ガスＬ３を昇圧可能なブロワ４８が排燃料ガスＬ３の流れ方向に沿って設けられている。制御弁４７は、排燃料ガス供給ライン４５における排燃料ガスＬ３の流れ方向の上流側に設けられ、ブロワ４８は、制御弁４７の下流側に設けられている。

[0032] また、ＳＯＦＣ１３は、排燃料ライン４３と第２燃料ガス供給ライン４１とを連結する燃料ガス再循環ライン４９が設けられている。燃料ガス再循環ライン４９には、排燃料ライン４３の排燃料ガスＬ３を第２燃料ガス供給ライン４１に再循環させる再循環ブロワ５０が設けられている。

[0033] 蒸気タービン１４は、排熱回収ボイラ（ＨＲＳＧ）５１で生成された蒸気によりタービン５２が回転するものである。この排熱回収ボイラ５１は、ガ

スタービン１１（タービン２３）からの排ガスライン５３が連結されており、空気と高温の排ガスＧ２との間で熱交換を行うことで、蒸気Ｓを生成する。蒸気タービン１４（タービン５２）は、排熱回収ボイラ５１との間に蒸気供給ライン５４と給水ライン５５が設けられている。そして、給水ライン５５は、復水器５６と給水ポンプ５７が設けられている。発電機１５は、タービン５２と同軸上に設けられており、タービン５２が回転することで発電することができる。なお、排熱回収ボイラ５１で熱が回収された排ガスＧ２は、有害物質を除去されてから大気へ放出される。

[0034] ここで、本実施例の発電システム１０の作動について説明する。発電システム１０を起動する場合、ガスタービン１１、蒸気タービン１４、ＳＯＦＣ１３の順に起動する。

[0035] まず、ガスタービン１１にて、圧縮機２１が空気Ａを圧縮し、燃焼器２２が圧縮空気Ａ１と燃料ガスＬ１とを混合して燃焼し、タービン２３が燃焼ガスＧ１により回転することで、発電機１２が発電を開始する。次に、蒸気タービン１４にて、排熱回収ボイラ５１により生成された蒸気Ｓによりタービン５２が回転し、これにより発電機１５が発電を開始する。

[0036] 続いて、ＳＯＦＣ１３を起動させるために、圧縮機２１から圧縮空気Ａ２を供給してＳＯＦＣ１３の加圧を開始すると共に加熱を開始する。排出ライン３５の制御弁３７と圧縮空気循環ライン３６の制御弁３８を閉止し、第２圧縮空気供給ライン３１のブロワ３３を停止した状態で、制御弁３２を所定開度だけ開放する。すると、圧縮機２１で圧縮した一部の圧縮空気Ａ２が第２圧縮空気供給ライン３１からＳＯＦＣ１３側へ供給される。これにより、ＳＯＦＣ１３側は、圧縮空気Ａ２が供給されることで圧力が上昇する。

[0037] 一方、ＳＯＦＣ１３の燃料極側では、燃料ガスＬ２を供給して加圧を開始する。排出ライン４４の制御弁４６と排燃料ガス供給ライン４５の制御弁４７を閉止し、ブロワ４８を停止した状態で、第２燃料ガス供給ライン４１の制御弁４２を開放すると共に、燃料ガス再循環ライン４９の再循環ブロワ５０を駆動する。すると、燃料ガスＬ２が第２燃料ガス供給ライン４１からＳ

ＯＦＣ１３側へ供給されると共に、排燃料ガスＬ３が燃料ガス再循環ライン４９により再循環される。これにより、ＳＯＦＣ１３の燃料極側は、燃料ガスＬ２が供給されることで圧力が上昇する。

[0038] そして、ＳＯＦＣ１３の空気極側の圧力が圧縮機２１の出口圧力になると、制御弁３２を全開にすると共に、ブロワ３３を駆動する。それと同時に制御弁３７を開放してＳＯＦＣ１３からの排空気Ａ３を排出ライン３５から排出する。すると、圧縮空気Ａ２がブロワ３３によりＳＯＦＣ１３側へ供給される。それと同時に制御弁４６を開放してＳＯＦＣ１３からの排燃料ガスＬ３を排出ライン４４から排出する。そして、ＳＯＦＣ１３における空気極側の圧力と燃料極側の圧力が目標圧力に到達すると、ＳＯＦＣ１３の加圧が完了する。

[0039] その後、ＳＯＦＣ１３の反応（発電）が安定し、圧縮空気Ａ３と排燃料ガスＬ３の成分が安定したら、制御弁３７を閉止する一方、制御弁３８を開放する。すると、ＳＯＦＣ１３からの圧縮空気Ａ３が圧縮空気循環ライン３６から燃焼器２２に供給される。また、制御弁４６を閉止する一方、制御弁４７を開放してブロワ４８を駆動する。すると、ＳＯＦＣ１３からの排燃料ガスＬ３が排燃料ガス供給ライン４５から燃焼器２２に供給される。このとき、第１燃料ガス供給ライン２７から燃焼器２２に供給される燃料ガスＬ１を減量する。

[0040] ここで、ガスタービン１１の駆動による発電機１２での発電、ＳＯＦＣ１３での発電、蒸気タービン１４の駆動により発電機１５での発電が全て行われることとなり、発電システム１０が定常運転となる。

[0041] ところで、一般的な発電システムでは、制御弁４６を開放することで、ガスタービン１１に供給しない、つまり燃焼器２２で燃焼させない排燃料ガスを排出ライン４４から排出する。このような排燃料ガスとは、例えばＳＯＦＣ１３を起動した後に排出される状態（成分）が安定していない排燃料ガスや、ガスタービン１１への供給量を超えてＳＯＦＣ１３から排出された排燃料ガスであり、排出ライン４４から排出されているので、排燃料ガスを有効

に活用できていない。

[0042] そこで、本実施例の発電システム１０では、図２に示すように、ガスタービン１１に供給しない排燃料ガスを燃焼させ、発電システム１０の各部を加熱する加熱手段７０を設ける。加熱手段７０は、排燃料ガス排出ライン７２と、制御弁７３と、排ガス加熱部７４と、蒸気発生部７６と、空気加熱部７８と、燃料ガス加熱部８０と、を備えている。

[0043] 即ち、発電システム１０は、ガスタービン１１に供給しない排燃料ガスＬ３を燃焼させて、発電システム１０を流れる排ガス、蒸気、燃料ガス、空気の少なくとも１つを加熱する加熱手段７０を設ける。これにより、発電システム１０は、排出ライン４４から排出していた排燃料ガスＬ３に含まれる燃焼発熱量（カロリー）を有効に活用することができ、ＳＯＦＣ１３から排出される排燃料ガスを効率よく利用することができる。

[0044] 以下、図２を用いて加熱手段７０及び排燃料ガス排出ライン７２の各部について説明する。排燃料ガス排出ライン７２は、一方の端部が排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８と燃焼器２２との間に接続されている。排燃料ガス排出ライン７２は、他方の端部が複数に分岐しており、それぞれ、排ガス加熱部７４の第１分岐ライン１０２と、蒸気発生部７６の第２分岐ライン１０４と、空気加熱部７８との第３分岐ライン１０６と、燃料ガス加熱部８０の第４分岐ライン１０８と、に接続されている。排燃料ガス排出ライン７２は、排燃料ガス供給ライン４５から供給された排燃料ガスＬ３を分岐されたラインにそれぞれ供給する。

[0045] 制御弁７３は、排燃料ガス排出ライン７２に設置されている。制御弁７３は、開閉を切り換えることで、排燃料ガス排出ライン７２の排燃料ガスＬ３の流通を切り替え、開度を調整することで、排燃料ガス排出ライン７２を流れる排燃料ガスＬ３の流量を制御する。

[0046] 排ガス加熱部７４は、ダクトバーナ９０と、第１分岐ライン１０２と、第１制御弁１１２と、第３燃料ガス供給ライン１２２と、制御弁１３２と、を備えている。ダクトバーナ９０は、排熱回収ボイラ５１に配置されている。

ダクトバーナ９０は、供給された燃料を燃焼することで、排熱回収ボイラ５１内の排ガスＧ２を加熱する。なお、ダクトバーナ９０は、排熱回収ボイラ５１の上流側の排ガスライン５３に設けてもよい。

[0047] 第１分岐ライン１０２は、一方の端部が排燃料ガス排出ライン７２に接続され、他方の端部がダクトバーナ９０に接続されている。第１制御弁１１２は、第１分岐ライン１０２に設置されている。第１制御弁１１２は、開閉を切り換えることで第１分岐ライン１０２の排燃料ガスＬ３の流通を切り替え、開度を調整することで、第１分岐ライン１０２を流れる排燃料ガスＬ３の流量を制御する。第３燃料ガス供給ライン１２２は、ダクトバーナ９０に接続され、ダクトバーナ９０に燃料ガスＬ４を供給する。制御弁１３２は、第３燃料ガス供給ライン１２２に設置され、開閉及び開度の少なくとも一方を調整することで、ダクトバーナ９０に供給する燃料ガスＬ４の量を調整する。

[0048] 排ガス加熱部７４は、第１分岐ライン１０２から供給される排燃料ガスＬ３と第３燃料ガス供給ライン１２２から供給される燃料ガスＬ４をダクトバーナ９０で燃焼させることで、排ガスＧ２を加熱する。これにより、排熱回収ボイラ５１内の排ガスＧ２の温度をより高くすることができ、排熱回収ボイラ５１でより多くの熱を回収することができる。また、排ガス加熱部７４は、第１分岐ライン１０２から供給される排燃料ガスＬ３を燃焼させることで、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーで排ガスＧ２を加熱することができる。これにより、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーを有効に活用することができる。

[0049] 蒸気発生部７６は、ボイラ９２と、第２分岐ライン１０４と、第２制御弁１１４と、第４燃料ガス供給ライン１２４と、空気供給ライン１２５と、制御弁１３４、１３５と、を備えている。ボイラ９２は、供給された燃料を燃焼させて生じる熱を利用して蒸気を発生させる蒸気発生器であり、発生した蒸気を燃料ガス再循環ライン４９に供給する。本実施例のボイラ９２は、ＳＯＦＣ１３の起動に使用される、いわゆる起動用ボイラの機能を備える。な

お、ボイラ９２は、発電システム１０の他の機器に接続し、接続している機器に蒸気を供給してもよい。

[0050] 第２分岐ライン１０４は、一方の端部が排燃料ガス排出ライン７２に接続され、他方の端部がボイラ９２に接続されている。第２制御弁１１４は、第２分岐ライン１０４に設置されている。第２制御弁１１４は、開閉を切り換えることで第２分岐ライン１０４の排燃料ガスＬ３の流通を切り替え、開度を調整することで、第２分岐ライン１０４を流れる排燃料ガスＬ３の流量を制御する。第４燃料ガス供給ライン１２４は、ボイラ９２に接続され、ボイラ９２に燃料ガスＬ５を供給する。空気供給ライン１２５は、ボイラ９２に接続され、ボイラ９２に空気Ａ４を供給する。制御弁１３４は、第４燃料ガス供給ライン１２４に設置され、開閉及び開度の少なくとも一方を調整することで、ボイラ９２に供給する燃料ガスＬ５の量を調整する。制御弁１３５は、空気供給ライン１２５に設置され、開閉及び開度の少なくとも一方を調整することで、ボイラ９２に供給する空気Ａ４の量を調整する。

[0051] 蒸気発生部７６は、第２分岐ライン１０４から供給される排燃料ガスＬ３と第４燃料ガス供給ライン１２４から供給される燃料ガスＬ５とを空気供給ライン１２５から供給される空気Ａ４とともにボイラ９２に供給し、排燃料ガスＬ３と燃料ガスＬ５をボイラ９２内で燃焼させることで、蒸気を発生させる。これにより、発電システム１０で必要な蒸気をボイラ９２で発生させ、各部に供給することができる。また、蒸気発生部７６は、第２分岐ライン１０４から供給される排燃料ガスＬ３を燃焼させることで、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーを蒸気の発生に用いる熱とすることができる。これにより、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーを有効に活用することができる。

[0052] 空気加熱部７８は、空気昇温用バーナ９４と、第３分岐ライン１０６と、第３制御弁１１６と、第５燃料ガス供給ライン１２８と、制御弁１３８と、を備えている。空気昇温用バーナ９４は、第２圧縮空気供給ライン３１に配置されている。空気昇温用バーナ９４は、供給された燃料を燃焼することで、第２圧縮空気供給ライン３１内の圧縮空気Ａ２を加熱する。空気加熱部７

８は、排燃料ガスＬ３を燃焼させる空気昇温用バーナ９４として、排燃料ガスＬ３に着火して燃料させる着火源を備えるいわゆるバーナや、排燃料ガスＬ３を酸化等の反応で燃焼させる燃焼触媒を用いることができる。空気加熱部７８は、再循環ブロワ５０の出口や、ブロワ４８の出口のラインと第３分岐ライン１０６を接続させることが好ましい。これにより、より高い圧力の排燃料ガスＬ３を空気昇温用バーナ９４に提供することができる。

[0053] 第３分岐ライン１０６は、一方の端部が排燃料ガス排出ライン７２に接続され、他方の端部が空気昇温用バーナ９４に接続されている。第３制御弁１１６は、第３分岐ライン１０６に設置されている。第３制御弁１１６は、開閉を切り換えることで、第３分岐ライン１０６の排燃料ガスＬ３の流通を切り替え、開度を調整することで第３分岐ライン１０６を流れる排燃料ガスＬ３の流量を制御する。第５燃料ガス供給ライン１２８は、空気昇温用バーナ９４に接続され、空気昇温用バーナ９４に燃料ガスＬ６を供給する。制御弁１３８は、第５燃料ガス供給ライン１２８に設置され、開閉及び開度の少なくとも一方を調整することで、空気昇温用バーナ９４に供給する燃料ガスＬ６の量を調整する。

[0054] 空気加熱部７８は、第３分岐ライン１０６から供給される排燃料ガスＬ３と第５燃料ガス供給ライン１２８から供給される燃料ガスＬ６を空気昇温用バーナ９４で燃焼させることで、圧縮空気Ａ２を加熱する。これにより、ＳＯＦＣ１３に供給する圧縮空気Ａ２の温度をより高くすることができる。また、ＳＯＦＣ１３に供給した圧縮空気Ａ２は、排空気としてガスタービン１１に供給される。これにより、空気加熱部７８で圧縮空気Ａ２を加熱した熱をガスタービン１１や排熱回収ボイラ５１で回収することができる。これにより、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーを有効に活用することができる。

[0055] 燃料ガス加熱部８０は、バスヒータ９６と、第４分岐ライン１０８と、第４制御弁１１８と、第２燃料ガス供給ライン４１と、制御弁４２と、を備えている。バスヒータ９６は、第２燃料ガス供給ライン４１に配置されている。バスヒータ９６は、供給された排燃料ガスを燃焼することで、第２燃料ガ

ス供給ライン４１内の燃料ガスＬ２を加熱する。

[0056] ここで、図３は、燃料ガス加熱部のバスヒータを示す概略構成図である。バスヒータ９６は、図３に示すように、燃焼器１４０と、容器１４２と、燃焼ガス配管１４４と、を有する。また、燃焼器１４０は、第４分岐ライン１０８及び燃焼ガス配管１４４と接続されている。燃焼器１４０は、第４分岐ライン１０８から供給された排燃料ガスＬ３を燃焼させることで生成される燃焼ガスを燃焼ガス配管１４４に供給する。容器１４２は、内部に水等の熱媒が充填された箱である。容器１４２は、熱媒が充填された内部に第２燃料ガス供給ライン４１と燃焼ガス配管１４４とが配置されている。燃焼ガス配管１４４は、一方の端部が燃焼器１４０に接続され、他方の端部が開放されている。燃焼ガス配管１４４は、両端の間の部分が容器１４２の内部に配置されている。

[0057] バスヒータ９６は、燃焼器１４０で排燃料ガスが燃焼され、生成された燃焼ガスが燃焼ガス配管１４４を流れる。これにより燃焼ガスが容器１４２の内部を流れる。バスヒータ９６は、燃焼ガス配管１４４を流れる燃焼ガスにより熱媒が加熱され、加熱された熱媒が第２燃料ガス供給ライン４１を流れる燃料ガスを加熱する。このように、バスヒータ９６は、燃焼ガスの熱を、熱媒を介して燃料ガスに伝達することで、燃料ガスを加熱する。バスヒータ９６は、熱媒を介して燃料ガスを加熱することで、第２燃料ガス供給ライン４１で燃料ガスが燃焼されることを防ぎつつ、加熱することができる。

[0058] 第４分岐ライン１０８は、一方の端部が排燃料ガス排出ライン７２に接続され、他方の端部がバスヒータ９６に接続されている。第４制御弁１１８は、第４分岐ライン１０８に設置されている。第４制御弁１１８は、開閉を切り換えることで、第４分岐ライン１０８の排燃料ガスＬ３の流通を切り替え、開度を調整することで第４分岐ライン１０８を流れる排燃料ガスＬ３の流量を制御する。

[0059] 燃料ガス加熱部８０は、第４分岐ライン１０８から供給される排燃料ガスＬ３をバスヒータ９６で燃焼させることで、燃料ガスＬ２を加熱する。これ

により、ＳＯＦＣ１３に供給する燃料ガスＬ２の温度をより高くすることができる。また、ＳＯＦＣ１３に供給した燃料ガスＬ２は、排燃料ガスとしてガスタービン１１に供給される。これにより、燃料ガス加熱部８０で燃料ガスを加熱した熱は、ガスタービン１１や排熱回収ボイラ５１で回収することができる。これにより、排燃料ガスＬ３に含まれるカロリーを有効に活用することができる。なお、燃料ガス加熱部８０は、排燃料ガスを供給する経路とは別にバスヒータ９６に燃料ガスを供給する経路を設けてもよい。

[0060] また、発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５のガスタービン１１の近傍（本実施例では、制御弁４７よりも下流側）に配置された開閉弁（開閉制御弁）６４と、排燃料ライン４３に流れる排燃料ガスＬ３の流量を検出する流量検出部６６と、排燃料ガス供給ライン４５に流れる排燃料ガスＬ３の状態を検出する状態検出部６８と、を備えている。

[0061] 開閉弁６４は、排燃料ガス排出ライン７２と連結している位置よりも下流側、かつ、燃焼器２２よりも上流側に配置されている。開閉弁６４は、開閉を切り換えることで排燃料ガスＬ３を燃焼器２２に供給するか否かを切り換えることができる。

[0062] 流量検出部６６は、排燃料ライン４３の燃料ガス再循環ライン４９と連結している部分よりも下流側、かつ、排出ライン４４と排燃料ガス供給ライン４５とに分岐される部分よりも上流側に配置されている。流量検出部６６は、設置されている位置の排燃料ライン４３を流れる排燃料ガスＬ３の流量を検出する検出装置である。流量検出部６６は、例えば排燃料ライン４３を流れる排燃料ガスＬ３の圧力を検出し、圧力の検出結果に対して演算処理を行うことで流量を算出する。なお、本実施形態では、排燃料ライン４３を流れる排燃料ガスＬ３の流量も、排燃料ガスの状態に含まれる。

[0063] 状態検出部６８は、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８より下流側、かつ、排燃料ガス排出ライン７２と連結している位置よりも上流側に配置されている。状態検出部６８は、設置されている位置の排燃料ガス供給ライン４５を流れる排燃料ガスＬ３のカロリーを検出する検出装置である。なお、

状態検出部６８は、設置されている位置の排燃料ガス供給ライン４５を流れる排燃料ガスＬ３の状態を検出できる検出装置であればよく、例えば、排燃料ガスＬ３の温度を検出する温度検出装置を用いることもできる。ここで、排燃料ガスＬ３の状態とは、排燃料ガス供給ライン４５を流れている間に排燃料ガスＬ３にドレンが生じたかを判定することができる各種条件である。なお、状態検出部６８は、排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２側、つまり、排燃料ガス排出ライン７２と連結している位置に近い側に配置することが好ましい。これにより、排燃料ガス供給ライン４５が流れることで、排燃料ガスＬ３に生じる変化をより高い確率で検出することができる。

[0064] 発電システム１０の制御装置（制御部）６２は、ＳＯＦＣ１３から排燃料ライン４３への排燃料ガスＬ３の供給開始時に、つまり制御弁４７を開にした後に、流量検出部６６及び状態検出部６８の少なくとも一方の結果に基づいて、加熱手段７０を駆動するようにしている。また、制御装置６２は、流量検出部６６及び状態検出部６８の少なくとも一方の結果に基づいて、開閉弁６４の開閉も制御する。これにより、排燃料ガスを燃焼器２２に供給するか否かを切り換えることができる。

[0065] 以下、図４及び図５を用いて、上述した本実施例の発電システム１０の駆動方法について説明する。図４は、本実施例の発電システムの駆動動作の一例を示すフローチャートである。図５は、本実施例の発電システムの排燃料ガスの流れを制御する弁の動作のタイミングを表すタイムチャートである。図４に示す駆動動作は、制御装置（制御部）６２が各部の検出結果に基づいて、演算処理を実行することで実現することができる。また、発電システム１０は、図４に示す処理の実行中も、燃料ガス再循環ライン４９を用いた排燃料ガスの循環を並行して実行している。ここで、図４は、ＳＯＦＣ１３の起動時に実行する制御の一例である。制御装置６２は、図４の制御が開始される前は、図５に示すように、排燃料ガス供給ライン４５の制御弁４７、排燃料ガス排出ライン７２の制御弁７３及び排燃料ガス供給ライン４５の開閉弁６４を閉としている。ここで、本実施例の発電システム１０は、基本的に

制御弁４６を閉に維持し、排出ライン４４から排燃料ガスを排出しない。

[0066] まず、制御装置６２は、排燃料ガス供給ライン４５の制御弁４７を閉から開に切り換える制御をする（ステップＳ１２）。例えば、燃料ガス再循環ライン４９で排燃料ガスＬ３を循環させているときに制御装置６２により制御弁４７が閉から開に切り換えられることで、排燃料ガス供給ライン４５への排燃料ガスＬ３の供給を開始する。制御装置６２は、流量検出部６６の検出結果を用いて、経路中の排燃料ガスＬ３の流量を判定することができる。ここで、制御装置６２は、図５のｔ１に示すように、排燃料ガス供給ライン４５の制御弁４７を開とするとともに、排燃料ガス排出ライン７２の制御弁７３も開とする制御をする。また、制御装置６２は、排燃料ガス供給ライン４５の開閉弁６４を閉で維持する。これにより、排燃料ガスＬ３が加熱手段７０に供給される状態となる。

[0067] 制御装置６２は、排燃料ガス供給ライン４５に排燃料ガスＬ３への供給を開始したら、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８を駆動させる制御をする（ステップＳ１４）。ブロワ４８は、排燃料ガス供給ライン４５を流れる排燃料ガスＬ３を排燃料ガス排出ライン７２との連結部に向けて送る。

[0068] 次に、制御装置６２は、排燃料ガスＬ３の供給先を決定する（ステップＳ１６）。具体的には、制御装置６２は、加熱手段７０の排ガス加熱部７４、蒸気発生部７６、空気加熱部７８及び燃料ガス加熱部８０の中から排燃料ガスの供給先を決定する。制御装置６２は、供給先を決定したら、供給先のライン（分岐ライン）の制御弁を閉から開に切り換える制御をする（ステップＳ１８）。これにより、決定された加熱手段７０の供給先に排燃料ガスＬ３を供給することができる。

[0069] 次に、制御装置６２は、状態検出部６８で排燃料ガスＬ３の状態を検出し（ステップＳ２０）、排燃料ガスＬ３の状態が安定したかを判定する（ステップＳ２２）。つまり、制御装置６２は、排燃料ガス供給ライン４５を流れる排燃料ガスＬ３の成分が安定しているかを判定する。制御装置６２は、例えば、状態検出部６８で排燃料ガスＬ３のカロリーを検出する場合、カロリ

一が所定の範囲内となったら状態が安定したと判定する。また、状態検出部６８は、排燃料ガスＬ３の状態として、排燃料ガスＬ３の温度を計測することもできる。状態検出部６８で温度を検出する場合、温度が一定の値以上となったら状態が安定したと判定する。

[0070] 制御装置６２は、排燃料ガスＬ３の状態が安定していない（ステップＳ２２でＮｏ）と判定した場合、ステップＳ１６に戻り、ステップＳ１６の処理を再び実行する。制御装置６２は、排燃料ライン４３を流れる排燃料ガスＬ３の状態が安定するまで、排燃料ガスＬ３を加熱手段７０に供給しつつ、ステップＳ１６からステップＳ２２の処理を繰り返す。

[0071] 制御装置６２は、排燃料ガスＬ３の状態が安定した（ステップＳ２２でＹｅｓ）と判定した場合、排燃料ガス供給ライン４５の開閉弁６４を閉から開に切り換える制御をする（ステップＳ２４）。ここで、制御装置６２は、図５のｔ２に示すように、排燃料ガス供給ライン４５の制御弁４７を開で維持しつつ、排燃料ガス排出ライン７２の制御弁７３を開から閉に切り換え、排燃料ガス供給ライン４５の開閉弁６４を閉から開に切り換える制御をする。これにより、制御装置６２は、排燃料ガス排出ライン７２への排燃料ガスＬ３の供給を停止し、燃焼器２２への排燃料ガスＬ３の供給を開始する。制御装置６２は、燃焼器２２への排燃料ガスの供給を開始したら、本処理を終了する。

[0072] このように本実施例の発電システム１０は加熱手段７０を設け、ＳＯＦＣ１３の起動時等において、排燃料ガスＬ３の状態が安定するまで、つまり、排燃料ガスＬ３が燃焼器２２に供給可能な状態となるまでの間に、ＳＯＦＣ１３から排出される排燃料ガスＬ３を加熱手段７０に供給する。これにより、燃焼器２２に供給できない排燃料ガスも排出ライン４４から排出せずに、加熱手段７０の燃料として利用することができる。また、加熱手段７０は、発電システム１０で使用される、排ガス、蒸気、空気または燃料を加熱しているため、加熱対象を加熱したエネルギーをガスタービン１１や蒸気タービン１４で回収することができる。

[0073] また、発電システム１０は、加熱手段７０の排燃料ガス排出ライン７２を、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８と開閉弁６４との間、つまり、排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２側に接続させている。これにより、発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２の近傍に到達した排燃料ガスＬ３が加熱手段７０に供給される。これにより、発電システム１０は、排燃料ガスＬ３の状態が安定するまでの間、排燃料ガスによって排燃料ガス供給ライン４５を加熱することができる。また、発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２の近傍に到達した排燃料ガスＬ３が安定するまで、排燃料ガスＬ３を加熱手段７０に供給することになる。これにより、ＳＯＦＣ１３の起動時において、排燃料ガスＬ３が低温（常温）な状態の排燃料ガス供給ライン４５を流れ、温度が低下した排燃料ガスＬ３が燃焼器２２に供給されることを抑制することができる。

[0074] ここで、排燃料ガスＬ３は、冷却されるとドレンが発生する。ドレンが発生した排燃料ガス供給ライン４５の下流側の排燃料ガスＬ３は、成分の構成が変化し、水分量が減ることで燃焼発熱量（カロリー）が高くなる。また、発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５が排燃料ガスにより加熱されるため、ドレンの発生量が徐々に変化する。また、その後、排燃料ガス供給ライン４５で発生したドレンが蒸発すると、蒸発したドレンが排燃料ガスＬ３に混入し、排燃料ガスＬ３のH_2O分が多くなる。排燃料ガスＬ３は、H_2O分が多くなると、燃焼発熱量（カロリー）が低くなる。これにより、排燃料ガス供給ライン４５の下流側の排燃料ガスＬ３は、燃料発熱量が徐々に変化する。このような排燃料ガスＬ３を燃焼器２２に供給すると、燃焼器２２での燃焼の制御が複雑になる。また、そもそもドレンが発生した状態の排燃料ガスＬ３を燃焼器２２に供給することは好ましくない。これに対して、本実施例の発電システム１０は、上述したように、ＳＯＦＣ１３の起動時において排燃料ガスＬ３の状態が安定してから、燃焼器２２に排燃料ガスＬ３の供給を開始する。これにより、燃焼器２２に供給する排燃料ガスＬ３の燃焼発熱量の変動を抑制することができる。供給する排燃料ガスＬ３の成分を安

定できることで、燃焼器２２の燃焼を安定させることができる。これにより、制御を簡単にすることができ、また、ガスタービン１１への悪影響も低減することができる。

[0075] また、発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８よりも下流側に排燃料ガス排出ライン７２を連結させることで、排燃料ガス排出ライン７２に排燃料ガスＬ３を供給する駆動源として、ブロワ４８を用いることができる。これにより、１つのブロワ４８を有効に活用することができる。

[0076] 本実施例の発電システム１０は、開閉弁６４を排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２の近傍に配置することが好ましい。つまり、発電システム１０は、開閉弁６４と燃焼器２２との距離を短くすることが好ましい。これにより、開閉弁６４を開とし、燃焼器２２に排燃料ガスＬ３の供給を開始した際に、燃焼器２２に供給する排燃料ガスＬ３で加熱する排燃料ガス供給ライン４５の範囲を短くすることができる。これにより、燃焼器２２に排燃料ガスＬ３の供給を開始した際に、開閉弁６４よりも下流側の範囲の排燃料ガス供給ライン４５の排燃料ガスＬ３にドレンが発生することを抑制することができる。

[0077] 次に、図６を用いて、上述した本実施例の発電システム１０の駆動方法について説明する。図６は、本実施例の発電システムの駆動動作の一例を示すフローチャートである。図６に示す駆動動作は、制御装置（制御部）６２が各部の検出結果に基づいて、演算処理を実行することで実現することができる。ここで、図６は、排燃料ガスをガスタービンに供給している状態で実行する制御の一例である。ここで、図６では、各制御弁を開にする場合の処理について説明するが、開から閉にする制御、開度を調整する制御も同様の処理で実現することができる。また、図６の制御は、図４のステップＳ１６及びステップＳ１８の制御としても実行することができる。

[0078] 制御装置６２は、流量検出部６６で排燃料ガスＬ３の流量を検出し（ステップＳ３０）、加熱手段７０に排燃料ガスを供給するかを判定する（ステッ

プＳ３２）。制御装置６２は、例えば、ガスタービン１１の運転状態の変動により流量検出部６６で検出した流量が燃焼器２２に必要な排燃料ガスＬ３の流量を超える場合、超えた分の排燃料ガスＬ３を加熱手段７０に供給すると判定する。制御装置６２は、加熱手段７０に排燃料ガスＬ３を供給しない（ステップＳ３２でＮｏ）、即ち全量の排燃料ガスＬ３を燃焼器２２に供給すると判定した場合、ステップＳ３０に戻る。これにより、制御装置６２は、排燃料ガスＬ３を加熱手段７０に供給すると判定するまで、ステップＳ３０とステップＳ３２の処理を繰り返す。

[0079] 制御装置６２は、加熱手段７０に排燃料ガスＬ３を供給する（ステップＳ３２でＹｅｓ）、即ち全量の排燃料ガスＬ３を燃焼器２２に供給できないと判定した場合、排燃料ガス排出ライン７２の制御弁７３を閉から開に切り換え（ステップＳ３４）、ダクトバーナ９０に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ３６）。制御装置６２は、ダクトバーナ９０に排燃料ガスＬ３を供給する（ステップＳ３６でＹｅｓ）と判定した場合、第１制御弁１１２を閉から開にする制御をする（ステップＳ３８）。

[0080] 制御装置６２は、ダクトバーナ９０に排燃料ガスＬ３を供給しない（ステップＳ３６でＮｏ）と判定した場合、ボイラ９２に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４０）。また、制御装置６２は、第１制御弁１１２を閉から開にした場合もボイラ９２に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４０）。制御装置６２は、ボイラ９２に排燃料ガスＬ３を供給する（ステップＳ４０でＹｅｓ）と判定した場合、第２制御弁１１４を閉から開にする制御をする（ステップＳ４２）。

[0081] 制御装置６２は、ボイラ９２に排燃料ガスＬ３を供給しない（ステップＳ４０でＮｏ）と判定した場合、空気昇温用バーナ９４に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４４）。また、制御装置６２は、第２制御弁１１４を閉から開にした場合も空気昇温用バーナ９４に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４４）。制御装置６２は、空気昇温用バーナ９４に排燃料ガスＬ３を供給する（ステップＳ４４でＹｅｓ）と判定し

た場合、第３制御弁１１６を閉から開にする制御をする（ステップＳ４６）。

[0082] 制御装置６２は、空気昇温用バーナ９４に排燃料ガスＬ３を供給しない（ステップＳ４４でＮｏ）と判定した場合、バスヒータ９６に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４８）。また、制御装置６２は、第３制御弁１１６を閉から開にした場合もバスヒータ９６に排燃料ガスＬ３を供給するかを判定する（ステップＳ４８）。制御装置６２は、バスヒータ９６に排燃料ガスＬ３を供給する（ステップＳ４８でＹｅｓ）と判定した場合、第４制御弁１１８を閉から開にする制御をする（ステップＳ５０）。

[0083] 制御装置６２は、バスヒータ９６に排燃料ガスＬ３を供給しない（ステップＳ４８でＮｏ）と判定した場合、処理終了かを判定する（ステップＳ５２）。また、制御装置６２は、第４制御弁１１８を閉から開にした場合も処理終了かを判定する（ステップＳ５２）。制御装置６２は、処理終了ではない（ステップＳ５２でＮｏ）と判定した場合、ステップＳ３０に戻り、上記処理を再び実行する。制御装置６２は、処理終了する（ステップＳ５２でＹｅｓ）と判定した場合、本処理を終了する。

[0084] 制御装置６２は、図６に示す処理を行うことで、ガスタービン１１への排燃料ガスＬ３の供給を開始した後に、燃焼器２２に供給しない排燃料ガスＬ３が発生しても、この排燃料ガスＬ３を有効に利用することができる。つまり、燃焼器２２に供給しない排燃料ガスＬ３を加熱手段７０の燃料として用いることができ、排燃料ガスＬ３を有効に活用することができる。

[0085] 制御装置６２は、例えば、ＳＯＦＣ１３の起動時は、ボイラ９２（蒸気発生部７６）に排燃料ガスＬ３を供給する制御をし、その後、ダクトバーナ９０（排ガス加熱部７４）に排燃料ガスＬ３を供給する制御をすることができる。また、運転中のＳＯＦＣ１３がトリップした場合、制御装置６２は、ダクトバーナ９０（排ガス加熱部７４）に排燃料ガスＬ３を供給する制御をする。

[0086] なお、図６に示す処理では、ダクトバーナ９０、ボイラ９２、空気昇温用

バーナ９４及びバスヒータ９６の複数に排燃料ガスＬ３を供給開始できるように、開閉の結果に係らず、ステップＳ３６、ステップＳ４０、ステップＳ４４及びステップＳ４８の判定を実行する制御としたが、これに限定されない。例えば、制御装置６２は、ステップＳ３８、ステップＳ４２、ステップＳ４６及びステップＳ５０の処理を行ったら、ステップＳ５２の判定に進むようにしてもよい。

[0087] ここで、本実施例の加熱手段７０は、排燃料ガスを燃焼する機構として、排ガス加熱部７４、蒸気発生部７６、空気加熱部７８及び燃料ガス加熱部８０の４つの機構を設けたが、少なくとも１つ備えていればよい。また、加熱手段７０が備える排燃料ガスを燃焼する機構は、上記４つの機構に限定されず、ガスタービン１１以外で、発電システム１０に利用できるものであればよい。

[0088] ここで、本実施例の加熱手段７０は、排燃料ガスを燃焼する領域に燃料ガスを供給する経路を設けることで、排燃料ガスを供給しない場合でも加熱手段７０の各部を利用することができる。これにより、加熱手段７０は、排燃料ガスを補助燃料として利用することができ、常時運転可能となるため、加熱手段７０の各部を効率よく利用することができる。

[0089] 具体的には、制御装置６２は、第１制御弁１１２、第２制御弁１１４、第３制御弁１１６及び第４制御弁１１８の制御と共に制御弁１３２、１３４及び１３８の制御を行うことで、加熱手段７０の各部に供給する排燃料ガスＬ３と燃料ガスＬ４、Ｌ５及びＬ６とのバランスを調整することができる。制御装置６２は、例えば、制御装置６２は、第１制御弁１１２の開度と制御弁１３２の開度とのバランスを調整することにより、ダクトバーナ９０で生じる燃焼量や発熱量を制御することができる。これにより、制御装置６２は、ガスタービン１１での蒸気発生量と発電機１５の発電出力との比率を制御することができる。また、発電システム１０は、加熱手段７０の各部を効率よく利用することができるため、本実施形態のように加熱手段７０の各部に排燃料ガスを供給する経路とは別に燃料ガスを供給する経路を設けることが好

ましいが、必ずしも設けなくてもよい。

[0090] ここで、本実施例の発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８及び状態検出部６８よりも上流側に制御弁４７を設けることで、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８及び状態検出部６８を配置している範囲に排燃料ガスＬ３を供給するか否かを切り換えることができる。また、図２では、制御弁４７の位置を排燃料ガス供給ライン４５の燃焼器２２側に配置した位置としているが、配置位置は特に限定されず、排出ライン４４との連結部よりも下流側、かつ、排燃料ガス排出ライン７２との連結部よりも上流側であればよい。

[0091] 本実施例の発電システム１０は、排燃料ガス供給ライン４５を加熱できるため、加熱手段７０の排燃料ガス排出ライン７２を、排燃料ガス供給ライン４５のガスタービン１１側と接続することが好ましいが、これに限定されない。発電システム１０は、排燃料ガス排出ライン７２を、排燃料ライン４３に接続してもよいし、排出ライン４４に接続してもよい。なお、本実施例の発電システム１０は、排出ライン４４から排燃料ガスを排出することに換えて、排燃料ガス排出ライン７２に排出できるため、排出ライン４４と制御弁４６を設けなくてもよい。つまり、発電システム１０は、排出ライン４４に換えて、排燃料ガス排出ライン７２を設けてもよい。

[0092] また、本実施例の発電システム１０は、排燃料ガス排出ライン７２に排燃料ガスＬ３からドレンを回収するドレン回収機構を設けてもよい。ドレン回収機構としては、例えば、排燃料ガスＬ３を冷却する機構と、ドレンを捕集する機構（トラップ）と、を備える。また、ドレン回収機構としては、ドレン回収機構は、再熱交換器を用い、排燃料ガスＬ３を熱交換で冷却し、ドレンを回収した後、ドレン回収前の排燃料ガスＬ３から回収した熱で再加熱するようにしてもよい。

[0093] また、本実施例の発電システム１０は、制御弁７３を設け、排燃料ガス排出ライン７２に排燃料ガスを供給するか否かを切り換えたが、第１制御弁１１２、第２制御弁１１４、第３制御弁１１６、第４制御弁１１８でそれぞれ

に排燃料ガスを供給するか否かを切り換えることができるため、制御弁７３は必ずしも設けなくてもよい。

[0094] 燃焼器２２への燃料ガスの供給を調整する開閉弁６４は、少なくとも開閉を切り換えることができればよいが、開度を調整する制御弁でもよい。また、排燃料ガス供給ライン４５のブロワ４８の上流側に配置した制御弁４７は、少なくとも開閉を切り換えることができればよく、開閉弁でもよい。同様に、排燃料ガス供給ライン４５に設けた制御弁４７と開閉弁６４とは、少なくとも一方を開度（流路抵抗）が調整できる制御弁とすることが好ましい。これにより、燃焼器２２に供給する排燃料ガスの量を調整することができる。なお、発電システム１０は、開閉弁６４及び制御弁７３の開閉を制御することでも排燃料ガス供給ライン４５への排燃料ガスの供給を制御できるため、制御弁４７を設けなくてもよい。

符号の説明

[0095] １０ 発電システム

１１ ガスタービン

１２ 発電機

１３ 固体酸化物形燃料電池（ＳＯＦＣ）

１４ 蒸気タービン

１５ 発電機

２１ 圧縮機

２２ 燃焼器

２３ タービン

２５ 空気取り込みライン

２６ 第１圧縮空気供給ライン

２７ 第１燃料ガス供給ライン

３１ 第２圧縮空気供給ライン

３２ 制御弁（第１開閉弁）

３３、４８ ブロワ

３４　排空気ライン

３６　圧縮空気循環ライン

４１　第２燃料ガス供給ライン

４２　制御弁

４３　排燃料ライン

４４　排出ライン

４５　排燃料ガス供給ライン

４７　制御弁

４９　燃料ガス再循環ライン

５０　再循環ブロワ

５１　排熱回収ボイラ

５２　タービン

５３　排ガスライン

５４　蒸気供給ライン

５５　給水ライン

５６　復水器

５７　給水ポンプ

６２　制御装置（制御部）

６４　開閉弁

６６　流量検出部

６８　状態検出部

７０　加熱手段

７２　排燃料ガス排出ライン

７３　制御弁

７４　排ガス加熱部

７６　蒸気発生部

７８　空気加熱部

８０　燃料ガス加熱部

９０　ダクトバーナ

９２　ボイラ

９４　空気昇温用バーナ

９６　バスヒータ

１０２　第１分岐ライン

１０４　第２分岐ライン

１０６　第３分岐ライン

１０８　第４分岐ライン

１１２　第１制御弁

１１４　第２制御弁

１１６　第３制御弁

１１８　第４制御弁

１２２　第３燃料ガス供給ライン

１２４　第４燃料ガス供給ライン

１２５　空気供給ライン

１２８　第５燃料ガス供給ライン

１３２、１３４、１３５、１３８　制御弁

請求の範囲

[請求項1] 圧縮機と燃焼器を有するガスタービンと、

燃料電池と、

前記燃料電池から排出される排燃料ガスを前記ガスタービンに供給する排燃料ガス供給ラインと、

前記排燃料ガス供給ラインに接続する排燃料ガス排出ラインと、

前記排燃料ガス排出ラインにより供給される前記排燃料ガスを燃焼させて加熱対象を加熱させる加熱手段と、

前記燃料電池から排出される前記排燃料ガスの供給先を制御する制御部と、を有することを特徴とする発電システム。

[請求項2] 前記ガスタービンから排出される排ガスに含まれる熱を回収する熱交換器をさらに有し、

前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記熱交換器に供給する排ガスを加熱する排ガス加熱部を含むことを特徴とする請求項１に記載の発電システム。

[請求項3] 前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給される燃料ガスに供給する蒸気を発生する蒸気発生部を含むことを特徴とする請求項１または請求項２に記載の発電システム。

[請求項4] 前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給する空気を加熱する空気加熱部を含むことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の発電システム。

[請求項5] 前記加熱手段は、前記排燃料ガスを燃焼させて前記燃料電池に供給する燃料ガスを加熱する燃料ガス加熱部を含むことを特徴とする請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の発電システム。

[請求項6] 前記排燃料ガス排出ラインよりも上流側の前記排燃料ガスの状態を検出する状態検出部を有し、

前記状態検出部で検出した結果に基づいて、排燃料ガスの状態が安定したと判定した場合、前記ガスタービンへの前記排燃料ガスの供給

を開始することを特徴とする請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の発電システム。

［請求項7］ 前記燃料電池から前記排燃料ガス供給ライン及び前記排燃料ガス排出ラインに供給される排燃料ガスの流量を検出する流量検出部を有し、

前記制御部は、前記流量検出部の検出結果に基づいて、前記排燃料ガス供給ラインに供給する排燃料ガスの流量と、前記排燃料ガス排出ラインに供給する排燃料ガスの流量と、を制御することを特徴とする請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の発電システム。

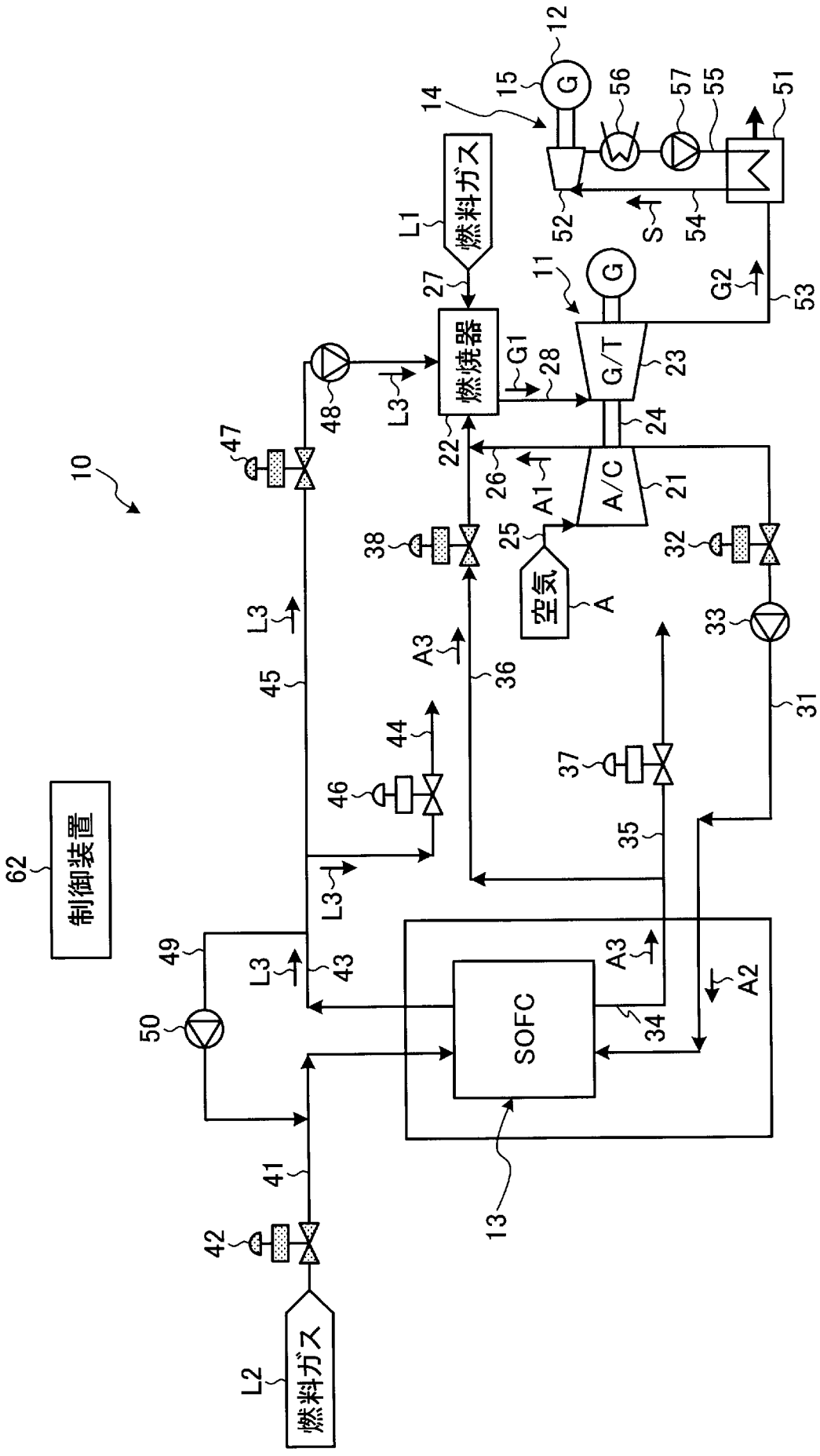
［請求項8］ 圧縮機と燃焼器を有するガスタービンと、燃料電池と、排燃料ガスを燃焼させて加熱対象を加熱させる加熱手段と、を有する発電システムの運転方法であって、

前記燃料電池からガスタービンに向けて排出される排燃料ガスの状態を検出する工程と、

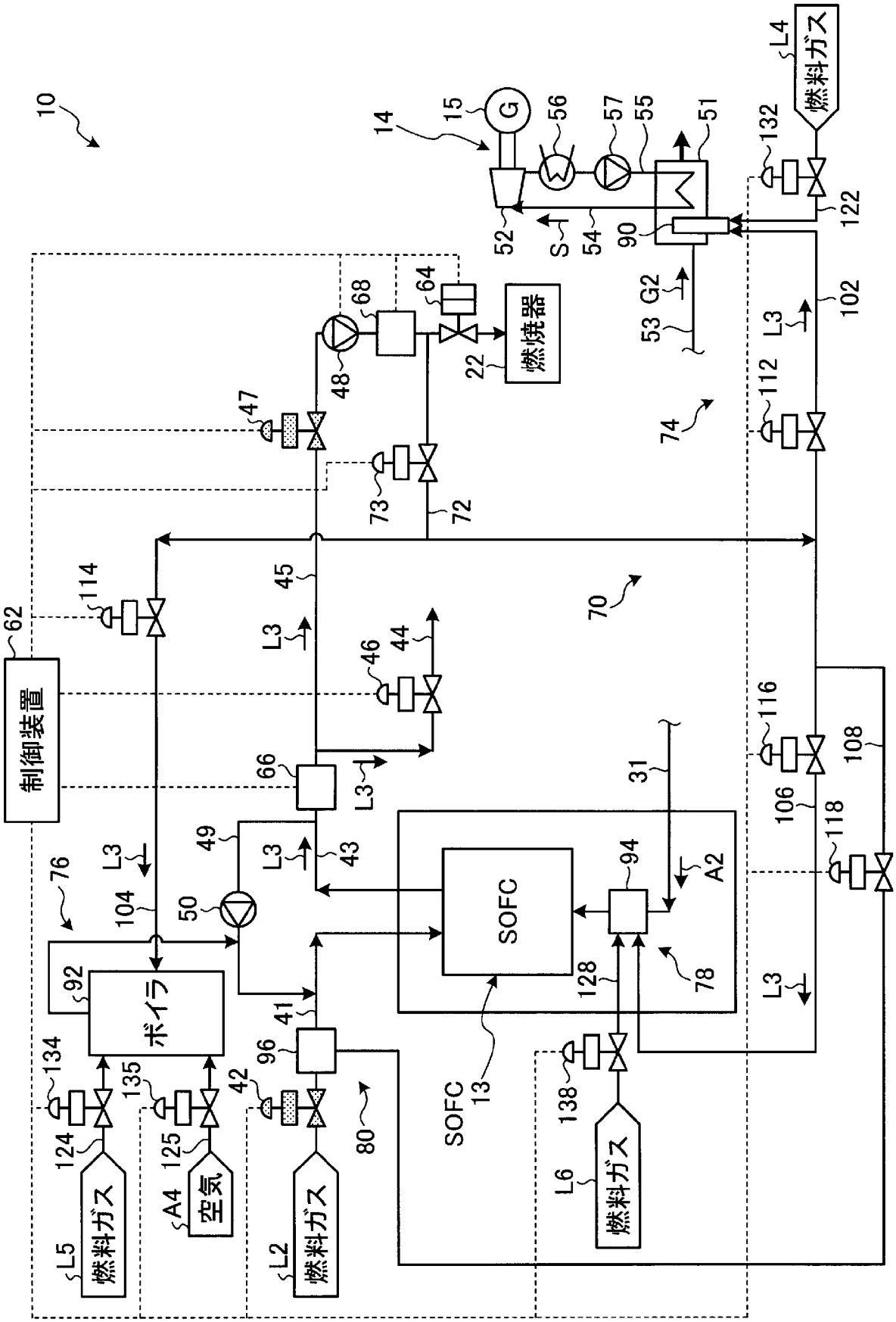
検出した排燃料ガスの状態に基づいて、前記ガスタービンに供給しない前記排燃料ガスがあるかを判定する工程と、

前記ガスタービンに供給しない排燃料ガスがあると判定した場合、前記加熱手段に前記排燃料ガスを供給する工程と、を有することを特徴とする発電システムの運転方法。

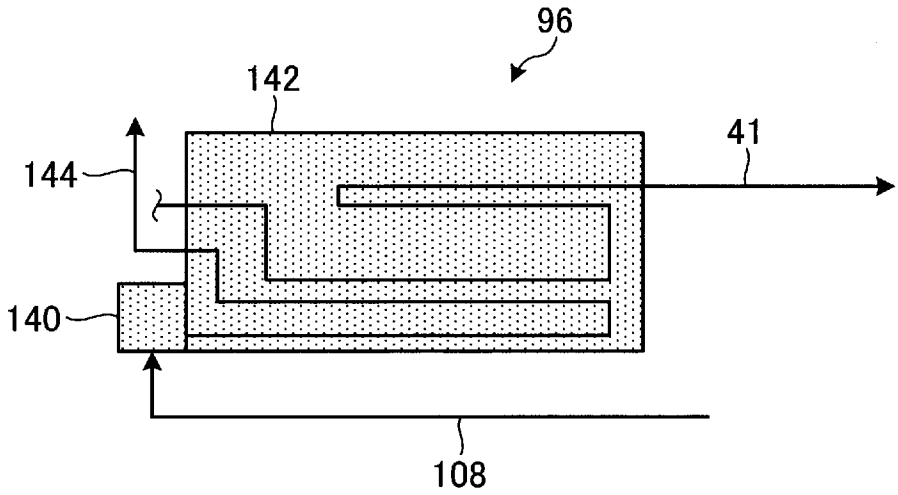
[図1]


10
12
15
G
14
燃料ガス
L1
27
燃焼器
G1
28
11
G
G/T
23
24
22
26
A1
A/C
21
25
空気
A
38
32
33
31
48
L3
47
45
A3
36
44
46
37
35
62
制御装置
49
L3
43
50
SOFC
A3
34
A2
41
42
L2
燃料ガス
13
56
57
55
51
52
S
54
G2
53

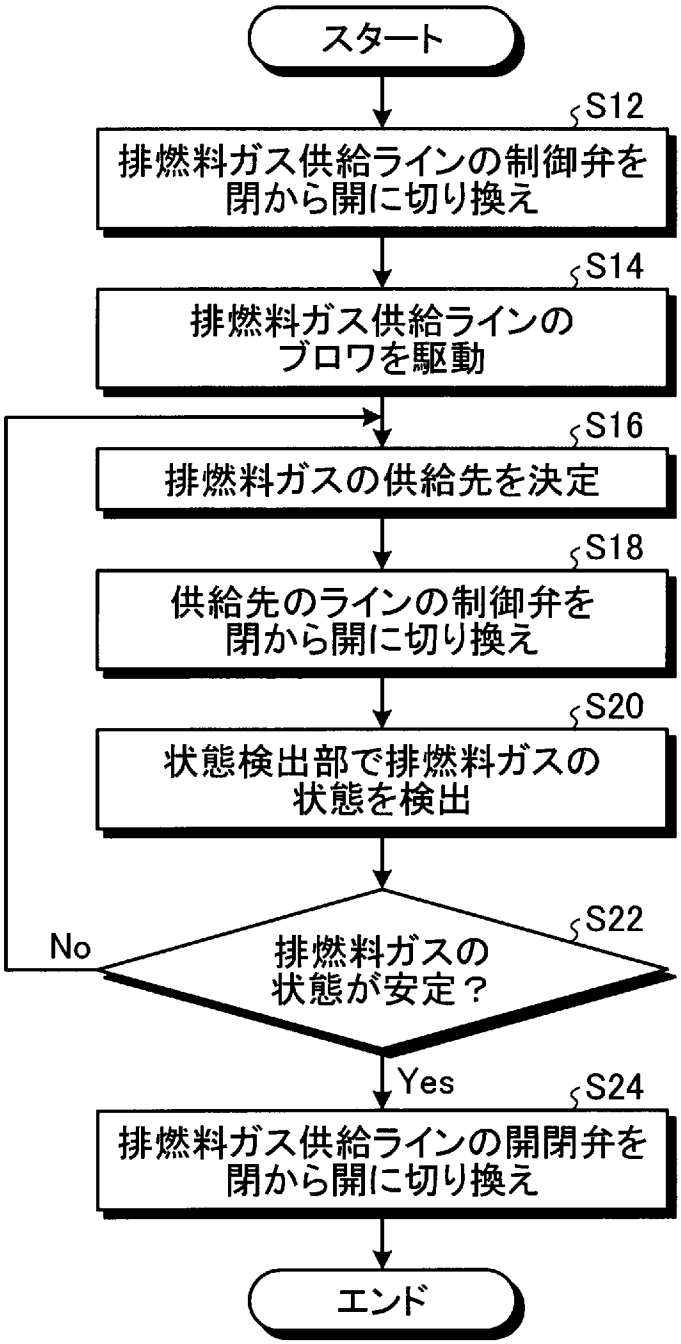
[図2]


10
14
15
G
56
57
55
51
52
S
54
90
132
L4
燃料ガス
122
102
53
G2
燃焼器
22
64
68
48
47
73
72
74
112
L3
62
制御装置
114
45
70
44
46
66
L3
31
116
108
106
118
49
43
94
A2
76
104
50
SOFC
92
ボイラ
41
96
42
128
78
134
135
124
125
138
L6
燃料ガス
L5
燃料ガス
A4
空気
L2
燃料ガス
80
SOFC
13

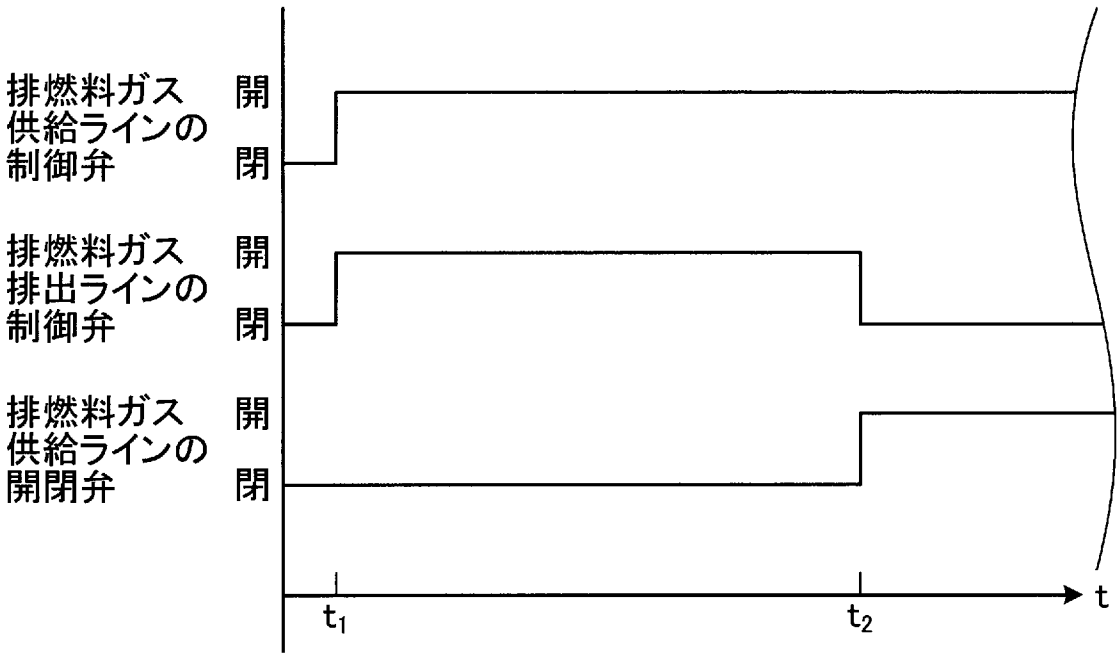
[図3]



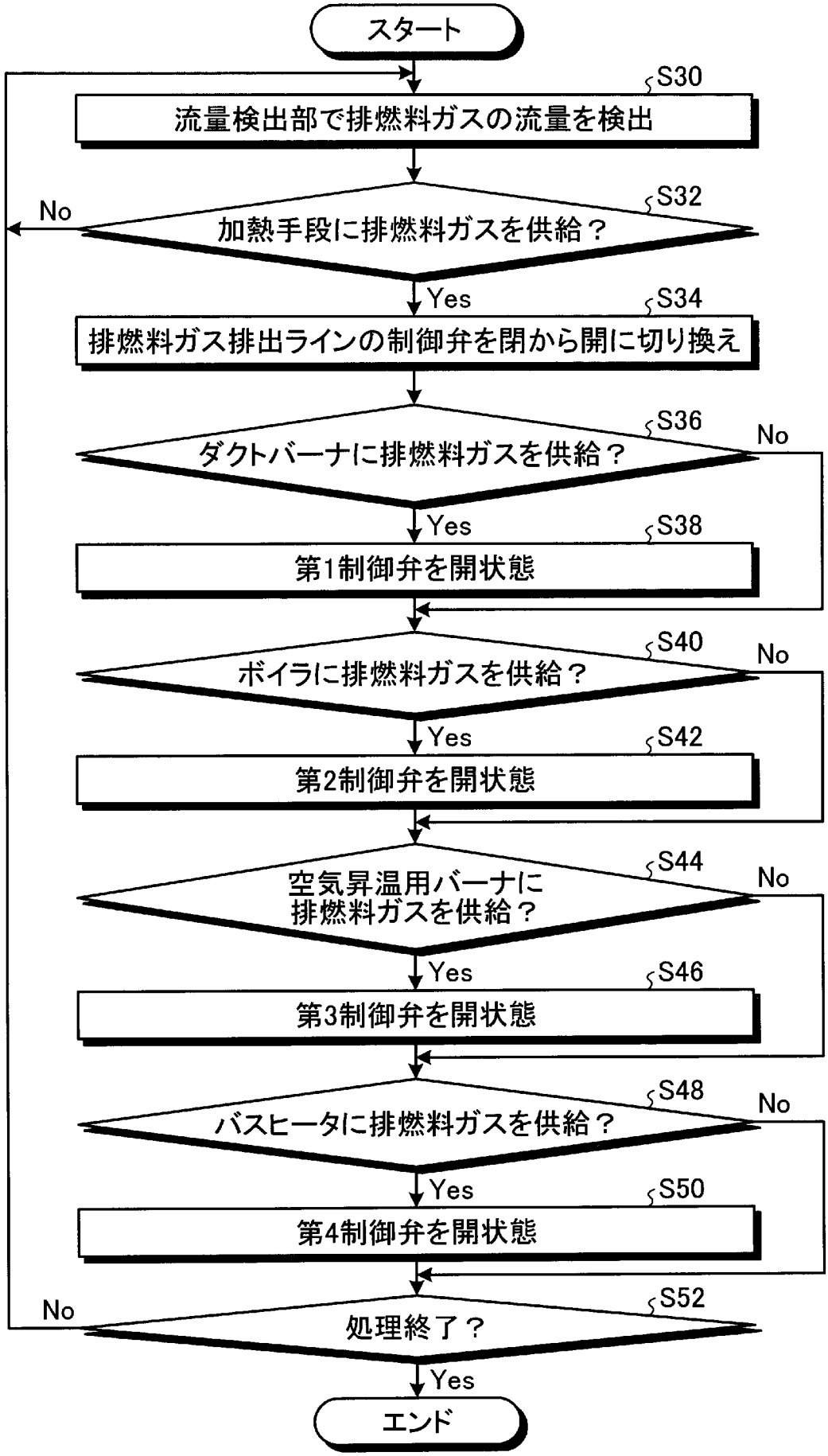
[図4]


スタート
S12
排燃料ガス供給ラインの制御弁を閉から開に切り換え
S14
排燃料ガス供給ラインのブロワを駆動
S16
排燃料ガスの供給先を決定
S18
供給先のラインの制御弁を閉から開に切り換え
S20
状態検出部で排燃料ガスの状態を検出
S22
排燃料ガスの状態が安定？
No
Yes
S24
排燃料ガス供給ラインの開閉弁を閉から開に切り換え
エンド

[図5]


排燃料ガス
供給ラインの
制御弁
開
閉
排燃料ガス
排出ラインの
制御弁
開
閉
排燃料ガス
供給ライン
開閉弁
開
閉
t1
t2
t

[図6]


スタート
S30
流量検出部で排燃料ガスの流量を検出
S32
加熱手段に排燃料ガスを供給？
No
Yes
S34
排燃料ガス排出ラインの制御弁を閉から開に切り換え
S36
ダクトバーナに排燃料ガスを供給？
No
Yes
S38
第1制御弁を開状態
S40
ボイラに排燃料ガスを供給？
No
Yes
S42
第2制御弁を開状態
S44
空気昇温用バーナに
排燃料ガスを供給？
No
Yes
S46
第3制御弁を開状態
S48
バスヒータに排燃料ガスを供給？
No
Yes
S50
第4制御弁を開状態
S52
処理終了？
No
Yes
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/080925

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01M8/04(2006.01)i, *F02C3/22*(2006.01)i, *F02C6/00*(2006.01)i, *F02C6/18*(2006.01)i, *H01M8/00*(2006.01)i, *H01M8/12*(2006.01)n

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)
H01M8/04, F02C3/22, F02C6/00, F02C6/18, H01M8/00, H01M8/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X Y A	JP 2000-228208 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 15 August 2000 (15.08.2000), paragraph [0003]; fig. 1 (Family: none)	1,7-8 3-5 2,6
Y	JP 2006-342003 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 21 December 2006 (21.12.2006), paragraph [0011] (Family: none)	3-5

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
25 December, 2013 (25.12.13)	14 January, 2014 (14.01.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８０９２５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01M8/04(2006.01)i, F02C3/22(2006.01)i, F02C6/00(2006.01)i, F02C6/18(2006.01)i, H01M8/00(2006.01)i, H01M8/12(2006.01)n

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））

Int.Cl.　H01M8/04, F02C3/22, F02C6/00, F02C6/18, H01M8/00, H01M8/12

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	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３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
X Y A	JP 2000-228208 A (石川島播磨重工業株式会社) 2000.08.15, 段落 0003, 第１図 (ファミリーなし)	1, 7-8 3-5 2, 6
Y	JP 2006-342003 A (バブコック日立株式会社) 2006.12.21, 段落 0011 (ファミリーなし)	3-5

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　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
「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矛盾するものではなく、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 ２５．１２．２０１３	国際調査報告の発送日 １４．０１．２０１４
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｈ　４８５１ 前原　義明 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３１６