

(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 8 日(08.05.2014)



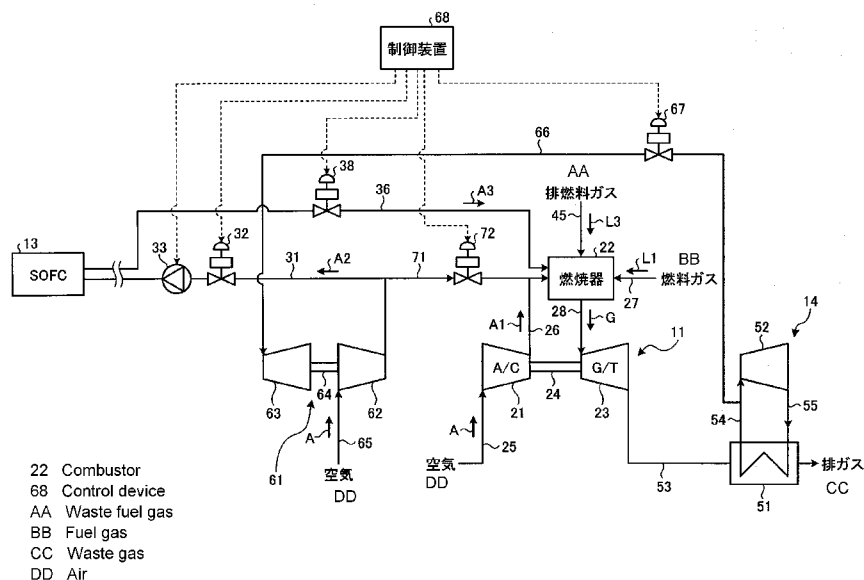
(10) 国際公開番号
WO 2014/069409 A1

- (51) 国際特許分類:
F02C 6/00 (2006.01) *F02C 6/18* (2006.01)
F01K 23/02 (2006.01) *H01M 8/04* (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01) *H01M 8/12* (2006.01)
F02C 3/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/079151
- (22) 国際出願日: 2013 年 10 月 28 日(28.10.2013)
- (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 2012-240726 2012 年 10 月 31 日(31.10.2012) 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 1 6 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 1 6 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 1 6 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

(54) 発明の名称: 発電システム



(57) Abstract: This power generation system is provided with: a gas turbine (11) having a compressor (21), a combustor (22) and a turbine (23); a first compressed air supply line (26) that supplies compressed air, which has been compressed by the compressor (21), to the combustor (22); a solid oxide fuel cell (SOFC) (13) having an air electrode and a fuel electrode; a compressed air supply device (61) capable of generating compressed air; and a second compressed air supply line (31) that supplies compressed air, which has been compressed by the compressed air supply device (61) to the SOFC (13). The fuel cell can thus be stably operated regardless of the operating state of the gas turbine.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/069409 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

発電システムにおいて、圧縮機（21）と燃焼器（22）とタービン（23）を有するガスタービン（11）と、圧縮機（21）で圧縮した圧縮空気を燃焼器（22）に供給する第1圧縮空気供給ライン（26）と、空気極及び燃料極を有するSOFC（13）と、圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給装置（61）と、圧縮空気供給装置（61）で圧縮した圧縮空気をSOFC（13）に供給する第2圧縮空気供給ライン（31）とを設けることで、ガスタービンの運転状態に拘わらず燃料電池を安定して運転可能とする。

明 細 書

発明の名称：発電システム

技術分野

[0001] 本発明は、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S O F C）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S O F Cは、イオン伝導率を高めるために作動温度が高くされているので、ガスタービンの圧縮機から吐出された空気を空気極側に供給する空気（酸化剤）として使用することができる。また、S O F Cは、利用できなかった高温の燃料をガスタービンの燃焼器に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、S O F C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は、S O F Cと、このS O F Cから排出された排燃料ガスと排出空気とを燃焼するガスタービン燃焼器と、空気を圧縮してS O F Cに供給する圧縮機を有するガスタービンとを設けたものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-205930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にて、定常運転時に、ガスタービンの圧縮機で圧縮した空気は、ガスタービンの燃焼器に供給されると共に、その一部をS O F Cに供給して酸化剤として用いている。この場合、圧縮機で圧縮した空気の圧力は、ガスタービンの運転状態に応じて変動するものであることが

ら、S O F Cに供給する圧縮空気の圧力もガスタービンの運転状態に応じて変動してしまい、S O F Cの安定した運転状態を維持することができないおそれがある。例えば、ガスタービンの駆動により発電機を作動しているが、この発電機の周波数が変動した場合、ガスタービンは周波数を所定周波数に維持しようと出力制御を行う。即ち、ガスタービンは、燃料供給量を調整することで出力を調整するが、このとき、圧縮機の出口での圧縮空気の圧力が変動し、S O F Cに供給する圧縮空気の圧力も変動する。

[0006] 本発明は、上述した課題を解決するものであり、ガスタービンの運転状態に拘わらず燃料電池を安定して運転可能とする発電システム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、前記圧縮機で圧縮した第1圧縮空気を前記燃焼器に供給する第1圧縮空気供給ラインと、空気極及び燃料極を有する燃料電池と、第2圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給部と、前記圧縮空気供給部で圧縮した第2圧縮空気を前記燃料電池に供給する第2圧縮空気供給ラインと、を有することを特徴とするものである。

[0008] 従って、ガスタービン圧縮機とは別に圧縮空気供給部を設け、ガスタービン圧縮機で圧縮した第1圧縮空気は、第1圧縮空気供給ラインにより燃焼器に供給され、圧縮空気供給部で圧縮した第2圧縮空気は、第2圧縮空気供給ラインにより燃料電池に供給される。そのため、ガスタービンの運転状態に応じて燃焼器に供給される空気の圧力が変動しても、燃料電池に供給される空気の圧力が変動することはない。その結果、ガスタービンの運転状態に拘わらず燃料電池を安定して運転することができる。

[0009] 本発明の発電システムでは、前記ガスタービンからの排ガスにより蒸気を生成する排熱回収ボイラと、前記排熱回収ボイラで生成された蒸気により駆動する蒸気タービンとが設けられ、前記圧縮空気供給部は、蒸気による駆動する燃料電池用圧縮機と、前記排熱回収ボイラで生成された蒸気を前記燃料

電池用圧縮機に供給する蒸気供給ラインとを有することを特徴としている。

[0010] 従って、排熱回収ボイラで生成された蒸気が蒸気供給ラインにより燃料電池用圧縮機に供給されると、この燃料電池用圧縮機は、蒸気により駆動して第2圧縮空気を生成し、この第2圧縮空気が燃料電池に供給される。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とし、このシステムの系統内で生成された蒸気により燃料電池用圧縮機を駆動して第2圧縮空気を生成し、この第2圧縮空気を燃料電池に供給することとなり、全体のシステム効率を向上することができる。

[0011] 本発明の発電システムでは、前記圧縮空気供給部は、燃料電池用圧縮機と、前記燃料電池用圧縮機を駆動する駆動モータとを有することを特徴としている。

[0012] 従って、駆動モータにより燃料電池用圧縮機を駆動して第2圧縮空気を生成し、この圧縮空気が燃料電池に供給される。駆動モータと燃料電池用圧縮機を設けるだけで、ガスタービンに対して独立して第2圧縮空気を燃料電池に供給することができ、簡単な構成で燃料電池の安定した運転を確保することができる。

[0013] 本発明の発電システムでは、前記第2圧縮空気供給ラインを開閉可能な第1開閉弁と、前記第1圧縮空気供給ラインと前記第2圧縮空気供給ラインとを接続するバイパスラインと、前記バイパスラインを開閉する第2開閉弁とが設けられることを特徴としている。

[0014] 従って、燃料電池用圧縮機を駆動して生成された第2圧縮空気をバイパスラインから燃焼器に供給することが可能となり、ガスタービンや燃料電池の運転状態に応じて圧縮空気量を調整することができる。

[0015] 本発明の発電システムでは、前記第1開閉弁及び第2開閉弁を開閉制御可能な制御部が設けられ、前記制御部は、前記燃料電池の停止時に前記第1開閉弁を閉止する一方、前記第2開閉弁を開放することを特徴としている。

[0016] 従って、燃料電池の停止時には、第1開閉弁を閉止して圧縮空気供給部から燃料電池への第2圧縮空気の供給を停止し、第2開閉弁を開放して圧縮空

気供給部からガスタービン燃焼器への第2圧縮空気の供給を開始することとなり、ガスタービンにおける圧縮空気量を確保してガスタービンを安定して運転することができる。

発明の効果

[0017] 本発明の発電システムによれば、圧縮機で圧縮した第1圧縮空気を燃焼器に供給可能とすると共に、圧縮空気供給部で圧縮した第2圧縮空気を燃料電池に供給可能とするので、ガスタービンの運転状態に拘わらず燃料電池を安定して運転することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本発明の実施例1に係る発電システムにおける圧縮空気の供給ラインを表す概略図である。

[図2]図2は、実施例1の発電システムを表す概略構成図である。

[図3]図3は、本発明の実施例2に係る発電システムにおける圧縮空気の供給ラインを表す概略図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に添付図面を参照して、本発明に係る発電システム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るものも含むものである。

実施例 1

[0020] 実施例1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段階で電気を取り出すことができるため、極めて高い発電効率を実現することができる。

[0021] 図1は、本発明の実施例1に係る発電システムにおける圧縮空気の供給ラインを表す概略図、図2は、実施例1の発電システムを表す概略構成図である。

[0022] 実施例1において、図2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。

[0023] 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（第1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排ガス（燃焼ガス）G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。

[0024] 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（酸素ガス）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。空気極に圧縮空気が供給され、燃料極に燃料ガス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）を用いている。

[0025] このS O F C 1 3は、第2圧縮空気供給ライン3 1を介して圧縮空気供給装置（圧縮空気供給部）6 1が連結されており、圧縮空気供給装置6 1が圧縮した圧縮空気（第2圧縮空気）A 2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（第1開閉弁）3 2と、圧縮空気A 2を昇圧可能なブロワ3 3が空気の流れ方向に沿って設けられている。S O F C 1 3は、空気極で用いられた排空気A 3を排出する排空気ライン3 4が連結されている。この排空気ライン3 4は、空気極で用いられた排空気A 3を外部に排出する排出ライン3 5と、燃焼器2 2に連結される圧縮空気循環ライン3 6とに分岐される。排出ライン3 5は、排出する空気量を調整可能な制御弁3 7が設けられ、圧縮空気循環ライン3 6は、循環する空気量を調整可能な制御弁3 8が設けられている。

[0026] また、S O F C 1 3は、燃料ガスL 2を燃料極の導入部に供給する第2燃料ガス供給ライン4 1が設けられている。第2燃料ガス供給ライン4 1は、供給する燃料ガス量を調整可能な制御弁4 2が設けられている。S O F C 1 3は、燃料極で用いられた排燃料ガスL 3を排出する排燃料ライン4 3が連結されている。この排燃料ライン4 3は、外部に排出する排出ライン4 4と、燃焼器2 2に連結される排燃料ガス供給ライン4 5とに分岐される。排出ライン4 4は、排出する燃料ガス量を調整可能な制御弁4 6が設けられ、排燃料ガス供給ライン4 5は、供給する燃料ガス量を調整可能な制御弁4 7と、燃料を昇圧可能なブロワ4 8が燃料ガスL 3の流れ方向に沿って設けられている。

[0027] また、S O F C 1 3は、排燃料ライン4 3と第2燃料ガス供給ライン4 1とを連結する燃料ガス再循環ライン4 9が設けられている。燃料ガス再循環ライン4 9は、排燃料ライン4 3の排燃料ガスL 3を第2燃料ガス供給ライン4 1に再循環する再循環ブロワ5 0が設けられている。

[0028] 蒸気タービン1 4は、排熱回収ボイラ（H R S G）5 1で生成された蒸気によりタービン5 2を回転するものである。この排熱回収ボイラ5 1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 G 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は、有害物質を除去されてから大気へ放出される。

[0029] ここで、上述した実施例 1 の発電システム 10 における圧縮空気の供給システムについて詳細に説明する。実施例 1 の発電システム 10 では、図 1 に示すように、圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給装置（圧縮空気供給部）61 と、この圧縮空気供給装置 61 で圧縮した圧縮空気を SOFC 13 に供給する第 2 圧縮空気供給ライン 31 を設けている。

[0030] 即ち、ガスタービン 11 の圧縮機 21 とは別に、単独駆動が可能な圧縮空気供給装置 61 を設け、圧縮機 21 は、第 1 圧縮空気供給ライン 26 により燃焼器 22（タービン 23）だけに圧縮空気を供給し、圧縮空気供給装置 61 は、第 2 圧縮空気供給ライン 31 により SOFC 13 だけに圧縮空気を供給する。すると、圧縮機 21 で圧縮された圧縮空気の全量が燃焼器 22 やタービン 23 に送られ、圧縮空気供給装置 61 で圧縮された圧縮空気の全量が SOFC 13 に送られる。そのため、ガスタービン 11 での運転状態の変動が SOFC 13 に伝達されず、SOFC 13 を安定して運転することができる。即ち、SOFC 13 は、空気極に圧縮空気 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。この場合、SOFC 13 は、空気極の圧力と燃料極の圧力をほぼ均一にしないと、空気極と燃料極との間で圧縮空気 A2 や燃料ガス L2 の流通が生じ、温度が変動してしまう。本実施例では、圧縮機 21 で圧縮された圧縮空気 A1 が SOFC 13 には供給されず、圧縮空気供給装置 61 で圧縮された圧縮空気 A2 のみが SOFC 13 に供給されることから、SOFC 13 は空気極の圧力が変動することはない、

S O F C 1 3 を安定して運転することができる。

[0031] 圧縮空気供給装置 6 1 は、S O F C 用圧縮機（燃料電池用圧縮機）6 2 と S O F C 用蒸気タービン（燃料電池用蒸気タービン）6 3 が連結軸 6 4 により一体回転可能に連結されて構成されている。そして、第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 は、一端部が S O F C 用圧縮機 6 2 に接続され、他端部が S O F C 1 3 に接続されており、S O F C 用圧縮機 6 2 は、空気取り込みライン 6 5 から取り込んだ空気を圧縮する。また、S O F C 用圧縮機 6 2 は、排熱回収ボイラ 5 1 で生成された蒸気により S O F C 用蒸気タービン 6 3 を回転することで駆動し、空気を圧縮することができる。即ち、蒸気供給ライン 6 6 は、一端部が排熱回収ボイラ 5 1 から蒸気タービン 1 4（タービン 5 2）に蒸気を供給する蒸気供給ライン 5 4 に接続され、他端部が S O F C 用蒸気タービン 6 3 に接続されている。蒸気供給ライン 6 6 は、供給する蒸気量を調整可能な制御弁 6 7 が設けられている。

[0032] 制御装置 6 8 は、少なくとも、制御弁 3 2 と制御弁 6 7 の開度を調整可能であると共に、ブロワ 3 3 の駆動及び停止を制御可能となっている。そのため、制御装置 6 8 は、S O F C 1 3 の定常運転時に、制御弁 3 2、6 7 を開放し、排熱回収ボイラ 5 1 で生成された蒸気を蒸気供給ライン 5 4 から S O F C 用蒸気タービン 6 3 に供給して S O F C 用圧縮機 6 2 を駆動する。

[0033] また、第 1 圧縮空気供給ライン 2 6 と第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 とを接続するバイパスライン 7 1 が設けられ、このバイパスライン 7 1 に圧縮空気の流量を調整可能な制御弁（第 2 開閉弁）7 2 が設けられている。制御装置 6 8 は、この制御弁 7 2 の開度を調整可能となっている。具体的に、制御装置 6 8 は、S O F C 1 3 の定常運転時に、制御弁 7 2 を閉止することで、圧縮空気供給装置 6 1 で生成された圧縮空気 A 2 は、ガスタービン 1 1 には供給されず、S O F C 1 3 だけに供給される。一方、S O F C 1 3 の停止時に、制御弁 7 2 を開放する一方、制御弁 3 2 を閉止することで、圧縮空気供給装置 6 1 で生成された圧縮空気は、S O F C 1 3 には供給されず、ガスタービン 1 1 だけに供給される。

[0034] ここで、実施例１の発電システム１０の作動について説明する。図１及び図２に示すように、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。なお、制御装置６８は、制御弁３２と制御弁６７だけでなく、その他の制御弁も制御可能となっている。

[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が排ガスＧ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では、制御弁６７を開放することで、排熱回収ボイラ５１で生成された蒸気を蒸気供給ライン６６から圧縮空気供給装置６１のＳＯＦＣ用蒸気タービン６３に供給する。すると、ＳＯＦＣ用蒸気タービン６３は、この供給された蒸気により回転を開始し、ＳＯＦＣ用圧縮機６２が同期して回転駆動することで、空気取り込みライン６５から取り込んだ空気Ａを圧縮する。そして、このＳＯＦＣ用圧縮機６２は、圧縮空気Ａ２を第２圧縮空気供給ライン３１からＳＯＦＣ１３に供給して昇圧を開始する。

[0037] このとき、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を開放する。すると、圧縮空気供給装置６１で圧縮した圧縮空気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。

[0038] 一方、ＳＯＦＣ１３では、燃料極側に燃料ガスＬ２を供給して昇圧を開始する。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

OFC 13 側へ供給されると共に、排燃料ガス L 3 が燃料ガス再循環ライン 4 9 により再循環する。これにより、SOFC 13 側は、燃料ガス L 2 が供給されることで圧力が上昇する。

[0039] そして、SOFC 13 の空気極側の圧力が所定圧力になると、制御弁 3 2 を全開にすると共に、ブロワ 3 3 を駆動する。それと同時に制御弁 3 7 を開放して SOFC 13 からの排空気 A 3 を排出ライン 3 5 から排出する。すると、圧縮空気 A 2 がブロワ 3 3 により SOFC 13 側へ供給される。それと同時に制御弁 4 6 を開放して SOFC 13 からの排燃料ガス L 3 を排出ライン 4 4 から排出する。そして、SOFC 13 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、SOFC 13 の昇圧が完了する。

[0040] なお、この実施例では、圧縮空気供給装置 6 1 とブロワ 3 3 を設けたが、圧縮空気供給装置 6 1 を制御することで、ブロワ 3 3 をなくしてもよい。即ち、制御弁 6 7 の開度を調整することで、SOFC 用蒸気タービン 6 3 への蒸気の供給量を調整し、SOFC 用圧縮機 6 2 が生成する圧縮空気 A 2 の量を調整することで、SOFC 13 への圧縮空気 A 2 の供給量を調整して SOFC 13 を昇圧するようにしてもよい。この場合、ブロワ 3 3 をなくすることで、制御弁 3 2 の開閉制御やブロワ 3 3 の起動制御を不要として低コスト化を可能とすることができる。

[0041] その後、SOFC 13 の反応（発電）が安定し、排空気 A 3 と排燃料ガス L 3 の成分が安定したら、制御弁 3 7 を閉止する一方、制御弁 3 8 を開放する。すると、SOFC 13 からの排空気 A 3 が圧縮空気循環ライン 3 6 から燃焼器 2 2 に供給される。また、制御弁 4 6 を閉止する一方、制御弁 4 7 を開放してブロワ 4 8 を駆動する。すると、SOFC 13 からの排燃料ガス L 3 が排燃料ガス供給ライン 4 5 から燃焼器 2 2 に供給される。このとき、第 1 燃料ガス供給ライン 2 7 から燃焼器 2 2 に供給される燃料ガス L 1 を減量する。

[0042] このとき、ガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 とタービン 2 3 は、圧縮機 2 1 で圧縮した圧縮空気 A 1 の全量が供給され、SOFC 13 は、圧縮空気供給

装置 6 1 で圧縮した圧縮空気 A 2 の全量が供給される。そのため、ガスタービン 1 1 に出力変動が発生し、圧縮機 2 1 で圧縮した空気 A 1 の圧力が変動しても、S O F C 1 3 に供給される空気 A 2 の圧力が変動することはない。そのため、S O F C 1 3 は、空気極の圧力が変動することなく、空気極の圧力と燃料極の圧力がほぼ均となり、ガスタービン 1 1 の運転状態に拘わらず S O F C 1 3 が安定して運転される。

[0043] また、S O F C 1 3 の運転が停止したとき、制御装置 6 8 は、S O F C 1 3 の停止時に、制御弁 7 2 を開放する一方、制御弁 3 2 を閉止することで、圧縮空気供給装置 6 1 で生成された圧縮空気 A 2 を S O F C 1 3 に供給せずにガスタービン 1 1 に供給する。S O F C 1 3 の定常運転時、圧縮空気供給装置 6 1 で生成された圧縮空気 A 2 は、S O F C 1 3 に供給され、使用後の排空気 A 3 が圧縮空気循環ライン 3 6 からガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 に供給されている。そのため、S O F C 1 3 の運転停止時には、圧縮空気供給装置 6 1 で生成された圧縮空気 A 2 を S O F C 1 3 に供給せずに、バイパスライン 7 1 から直接ガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 に供給する。そのため、ガスタービン 1 1 は、S O F C 1 3 の定常運転時と運転停止時とで、ほぼ同量の圧縮空気 A 2 が供給されることとなり、全負荷運転を可能とすることで安定した発電が可能となる。なお、S O F C 1 3 の運転が停止したときは、ガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 に S O F C 1 3 から排燃料ガスが供給されないことから、第 1 燃料ガス供給ライン 2 7 からの燃料ガス量を増加する必要がある。

[0044] このように実施例 1 の発電システムにあっては、圧縮機 2 1 と燃焼器 2 2 とタービン 2 3 を有するガスタービン 1 1 と、圧縮機 2 1 で圧縮した圧縮空気を燃焼器 2 2 に供給する第 1 圧縮空気供給ライン 2 6 と、空気極及び燃料極を有する S O F C 1 3 と、圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給装置 6 1 と、圧縮空気供給装置 6 1 で圧縮した圧縮空気を S O F C 1 3 に供給する第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 とを設けている。

[0045] 従って、ガスタービン 1 1 の圧縮機 2 1 とは別に圧縮空気供給装置 6 1 を

設け、圧縮機 21 で圧縮した空気 A1 は、第 1 圧縮空気供給ライン 26 により燃焼器 22 に供給され、圧縮空気供給装置 61 で圧縮した空気 A2 は、第 2 圧縮空気供給ライン 31 により SOFC13 に供給される。そのため、ガスタービン 11 の運転状態に応じて燃焼器 22 に供給される空気の圧力が変動しても、SOFC13 に供給される空気の圧力が変動することはない。その結果、SOFC13 は、空気極の圧力が変動することなく、空気極の圧力と燃料極の圧力がほぼ均となり、ガスタービン 11 の運転状態に拘わらず SOFC13 を安定して運転することができる。

[0046] 実施例 1 の発電システムでは、ガスタービン 11 からの排ガスにより蒸気を生成する排熱回収ボイラ 51 と、排熱回収ボイラ 51 で生成された蒸気により駆動する蒸気タービン 14 を設け、圧縮空気供給装置 61 として、SOFC 用圧縮機 62 と、排熱回収ボイラ 51 で生成された蒸気を SOFC 用蒸気タービン 63 に供給する蒸気供給ライン 66 を設けている。従って、排熱回収ボイラ 51 で生成された蒸気が蒸気供給ライン 66 により SOFC 用蒸気タービン 63 に供給されると、この SOFC 用蒸気タービン 63 は、蒸気により駆動することで SOFC 用圧縮機 62 を駆動して圧縮空気 A2 を生成し、この圧縮空気 A2 が SOFC13 に供給される。SOFC13 とガスタービン 11 と蒸気タービン 14 を組み合わせた発電システム 10 とし、この発電システム 10 の系統内で生成された蒸気により SOFC 用圧縮機 62 を駆動して圧縮空気 A2 を生成し、この圧縮空気 A2 を SOFC13 に供給することとなり、全体のシステム効率を向上することができる。

[0047] 実施例 1 の発電システムでは、第 2 圧縮空気供給ライン 31 を開閉可能な制御弁 32 と、第 1 圧縮空気供給ライン 36 と第 2 圧縮空気供給ライン 31 とを接続するバイパスライン 71 と、バイパスライン 71 を開閉する制御弁 72 を設けている。従って、SOFC 用圧縮機 62 を駆動して生成された圧縮空気 A2 をバイパスライン 71 から燃焼器 22 に供給することが可能となり、ガスタービン 11 や SOFC13 の運転状態に応じて圧縮空気量を調整することができる。

[0048] 実施例 1 の発電システムでは、制御弁 3 2 と制御弁 7 2 を開閉制御可能な制御装置 6 8 を設け、この制御装置 6 8 は、S O F C 1 3 の停止時に制御弁 3 2 を閉止する一方、制御弁 7 2 を開放している。従って、S O F C 1 3 の停止時には、制御弁 3 2 を閉止して圧縮空気供給装置 6 1 から S O F C 1 3 への圧縮空気 A 2 の供給を停止し、制御弁 7 2 を開放して圧縮空気供給装置 6 1 からガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 への圧縮空気 A 2 の供給を開始することとなり、ガスタービン 1 1 における圧縮空気量を確保し、ガスタービン 1 1 を安定して運転することができる。

実施例 2

[0049] 図 3 は、本発明の実施例 2 に係る発電システムにおける圧縮空気の供給ラインを表す概略図である。なお、本実施例の発電システムの基本的な構成は、上述した実施例 1 とほぼ同様の構成であり、図 2 を用いて説明すると共に、上述した実施例 1 と同様の機能を有する部材には、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0050] 実施例 2 の発電システムにおいて、図 2 及び図 3 に示すように、S O F C 1 3 は、第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 を介して圧縮空気供給装置（圧縮空気供給部）8 1 が連結されており、圧縮空気供給装置 8 1 が圧縮した圧縮空気 A 2 を空気極の導入部に供給することができる。即ち、ガスタービン 1 1 の圧縮機 2 1 とは別に、単独駆動が可能な圧縮空気供給装置 8 1 を設け、圧縮機 2 1 は、第 1 圧縮空気供給ライン 2 6 により燃焼器 2 2（タービン 2 3）だけに圧縮空気 A 1 を供給し、圧縮空気供給装置 8 1 は、第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 により S O F C 1 3 だけに圧縮空気 A 2 を供給する。すると、圧縮機 2 1 で圧縮された圧縮空気の全量が燃焼器 2 2 やタービン 2 3 に送られ、圧縮空気供給装置 8 1 で圧縮された圧縮空気の全量が S O F C 1 3 に送られる。そのため、ガスタービン 1 1 での運転状態の変動が S O F C 1 3 に伝達されず、S O F C 1 3 を安定して運転することができる。

[0051] 圧縮空気供給装置 8 1 は、S O F C 用圧縮機（燃料電池用圧縮機）8 2 と駆動モータ 8 3 が連結軸 8 4 により連結されて構成されている。そして、第

2 圧縮空気供給ライン 31 は、一端部が S O F C 用圧縮機 82 に接続され、他端部が S O F C 13 に接続されており、S O F C 用圧縮機 82 は、空気取り込みライン 85 から取り込んだ空気を圧縮する。また、S O F C 用圧縮機 82 は、駆動モータ 83 に電力を供給することで駆動し、空気を圧縮することができる。

[0052] 制御装置 68 は、少なくとも、制御弁 32 と制御弁 72 の開度を調整可能であると共に、駆動モータ 63 の駆動及び停止を制御可能となっている。そのため、制御装置 68 は、S O F C 13 の定常運転時に、制御弁 32, 67 を開放し、駆動モータ 63 を駆動して S O F C 用圧縮機 82 を駆動する。

[0053] また、第 1 圧縮空気供給ライン 26 と第 2 圧縮空気供給ライン 31 とを接続するバイパスライン 71 が設けられ、このバイパスライン 71 に圧縮空気の流量を調整可能な制御弁 72 が設けられている。制御装置 68 は、S O F C 13 の定常運転時に、制御弁 72 を閉止することで、圧縮空気供給装置 81 で生成された圧縮空気は、ガスタービン 11 には供給されず、S O F C 13 だけに供給される。一方、S O F C 13 の停止時に、制御弁 72 を開放する一方、制御弁 32 を閉止することで、圧縮空気供給装置 81 で生成された圧縮空気は、S O F C 13 には供給されず、ガスタービン 11 だけに供給される。

[0054] 上述した発電システムを起動する場合、ガスタービン 11、蒸気タービン 14、S O F C 13 の順に起動するが、ガスタービン 11 の起動より前に S O F C 13 を起動してもよい。

[0055] S O F C 13 を運転するとき、駆動モータ 83 を駆動することで、S O F C 用圧縮機 82 が回転駆動し、空気取り込みライン 85 から取り込んだ空気 A を圧縮する。そして、この S O F C 用圧縮機 82 は、圧縮空気 A2 を第 2 圧縮空気供給ライン 31 から S O F C 13 に供給する。一方、第 2 燃料ガス供給ライン 41 の制御弁 42 を開放することで、燃料ガス L2 を第 2 燃料ガス供給ライン 41 から S O F C 13 へ供給する。すると、S O F C 13 で圧縮空気 A2 と燃料ガス L2 が反応して発電が行われる。

[0056] このとき、ガスタービン 1 1 の燃焼器 2 2 とタービン 2 3 は、圧縮機 2 1 で圧縮した空気 A 1 の全量が供給され、S O F C 1 3 は、圧縮空気供給装置 8 1 で圧縮した空気 A 2 の全量が供給される。そのため、ガスタービン 1 1 に出力変動が発生し、圧縮機 2 1 で圧縮した空気 A 1 の圧力が変動しても、S O F C 1 3 に供給される空気 A 2 の圧力が変動することはない、ガスタービン 1 1 の運転状態に拘わらず S O F C 1 3 が安定して運転される。

[0057] このように実施例 2 の発電システムにあっては、圧縮機 2 1 と燃焼器 2 2 とタービン 2 3 を有するガスタービン 1 1 と、圧縮機 2 1 で圧縮した圧縮空気を燃焼器 2 2 に供給する第 1 圧縮空気供給ライン 2 6 と、空気極及び燃料極を有する S O F C 1 3 と、圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給装置 8 1 と、圧縮空気供給装置 8 1 で圧縮した圧縮空気を S O F C 1 3 に供給する第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 とを設けている。

[0058] 従って、ガスタービン 1 1 の圧縮機 2 1 とは別に圧縮空気供給装置 8 1 を設け、圧縮機 2 1 で圧縮した空気 A 1 は、第 1 圧縮空気供給ライン 2 6 により燃焼器 2 2 に供給され、圧縮空気供給装置 8 1 で圧縮した空気 A 2 は、第 2 圧縮空気供給ライン 3 1 により S O F C 1 3 に供給される。そのため、ガスタービン 1 1 の運転状態に応じて燃焼器 2 2 に供給される空気の圧力が変動しても、S O F C 1 3 に供給される空気の圧力が変動することはない。その結果、ガスタービン 1 1 の運転状態に拘わらず S O F C 1 3 を安定して運転することができる。

[0059] 実施例 2 の発電システムでは、圧縮空気供給装置 8 1 として、S O F C 用圧縮機 8 2 と、S O F C 用圧縮機 8 2 を駆動する駆動モータ 8 3 を設けている。従って、駆動モータ 8 3 により S O F C 用圧縮機 8 2 を駆動して圧縮空気 A 2 を生成し、この圧縮空気 A 2 が S O F C 1 3 に供給される。駆動モータ 8 3 と S O F C 用圧縮機 8 2 を設けるだけで、ガスタービン 1 1 に対して独立して圧縮空気 A 2 を S O F C 1 3 に供給することができ、簡単な構成で S O F C 1 3 の安定運転を確保することができる。

[0060] なお、上述した実施例にて、本発明の第 1 開閉弁及び第 2 開閉弁を流量調

整可能な制御弁 3 2, 7 2 としたが、流量調整不能な遮断弁であってもよい。

符号の説明

- [0061] 1 0 発電システム
- 1 1 ガスタービン
- 1 2 発電機
- 1 3 固体酸化物形燃料電池 (S O F C)
- 1 4 蒸気タービン
- 1 5 発電機
- 2 1 圧縮機
- 2 2 燃焼器
- 2 3 タービン
- 2 6 第 1 圧縮空気供給ライン
- 2 7 第 1 燃料ガス供給ライン
- 3 1 第 2 圧縮空気供給ライン
- 3 2 制御弁 (第 1 開閉弁)
- 3 3 ブロワ
- 3 4 排空気ライン
- 3 6 圧縮空気循環ライン
- 4 1 第 2 燃料ガス供給ライン
- 4 2 制御弁
- 4 3 排燃料ライン
- 4 5 排燃料ガス供給ライン
- 4 9 燃料ガス再循環ライン
- 6 1 圧縮空気供給装置 (圧縮空気供給部)
- 6 2 S O F C 用圧縮機 (燃料電池用圧縮機)
- 6 3 S O F C 用蒸気タービン (燃料電池用蒸気タービン)
- 6 6 蒸気供給ライン

6 7 制御弁

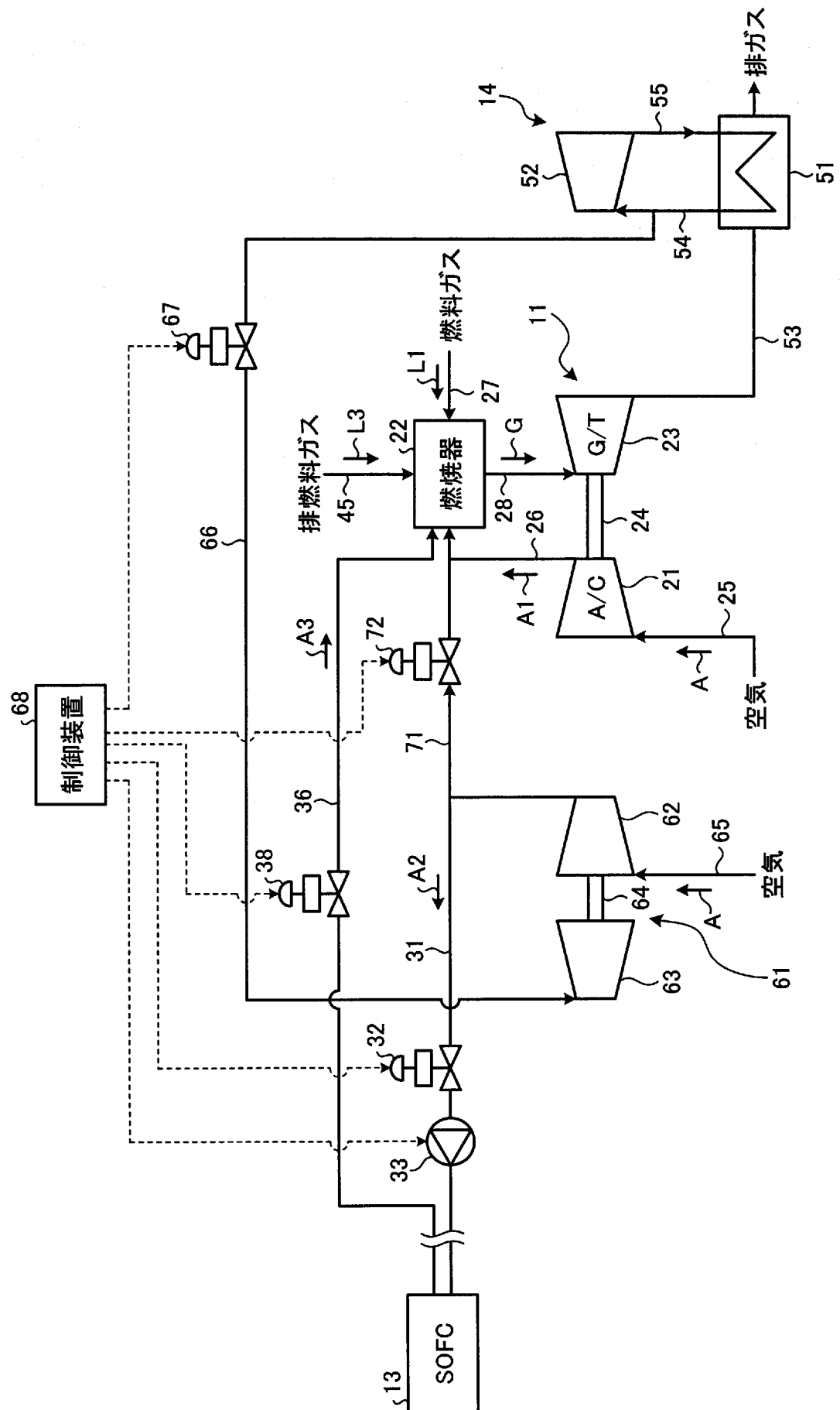
7 1 バイパスライン

7 2 制御弁（第 2 開閉弁）

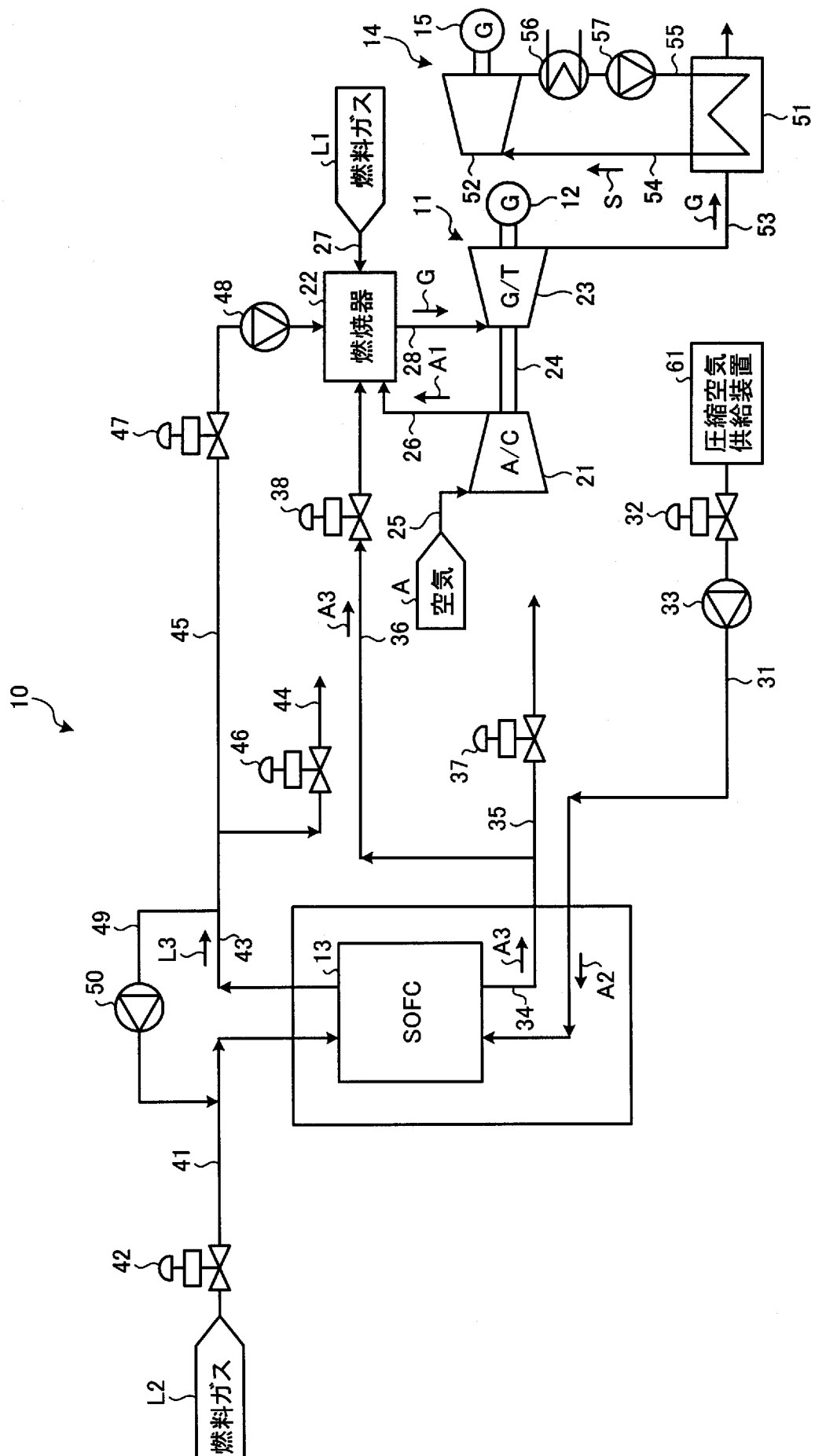
請求の範囲

- [請求項1] 圧縮機と燃焼器を有するガスタービンと、
 前記圧縮機で圧縮した第1圧縮空気を前記燃焼器に供給する第1圧縮空気供給ラインと、
 空気極及び燃料極を有する燃料電池と、
 第2圧縮空気を生成可能な圧縮空気供給部と、
 前記圧縮空気供給部で圧縮した第2圧縮空気を前記燃料電池に供給する第2圧縮空気供給ラインと、
 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の排ガスにより蒸気を生成する排熱回収ボイラと、前記排熱回収ボイラで生成された蒸気により駆動する蒸気タービンとが設けられ、前記圧縮空気供給部は、蒸気による駆動する燃料電池用圧縮機と、前記排熱回収ボイラで生成された蒸気を前記燃料電池用圧縮機に供給する蒸気供給ラインとを有する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] 前記圧縮空気供給部は、燃料電池用圧縮機と、前記燃料電池用圧縮機を駆動する駆動モータとを有する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4] 前記第2圧縮空気供給ラインを開閉可能な第1開閉弁と、前記第1圧縮空気供給ラインと前記第2圧縮空気供給ラインとを接続するバイパスラインと、前記バイパスラインを開閉する第2開閉弁とが設けられることを特徴とする請求項1から3のいずれか一つに記載の発電システム。
- [請求項5] 前記第1開閉弁及び第2開閉弁を開閉制御可能な制御部が設けられ、前記制御部は、前記燃料電池の停止時に前記第1開閉弁を閉止する一方、前記第2開閉弁を開放することを特徴とする請求項4に記載の発電システム。

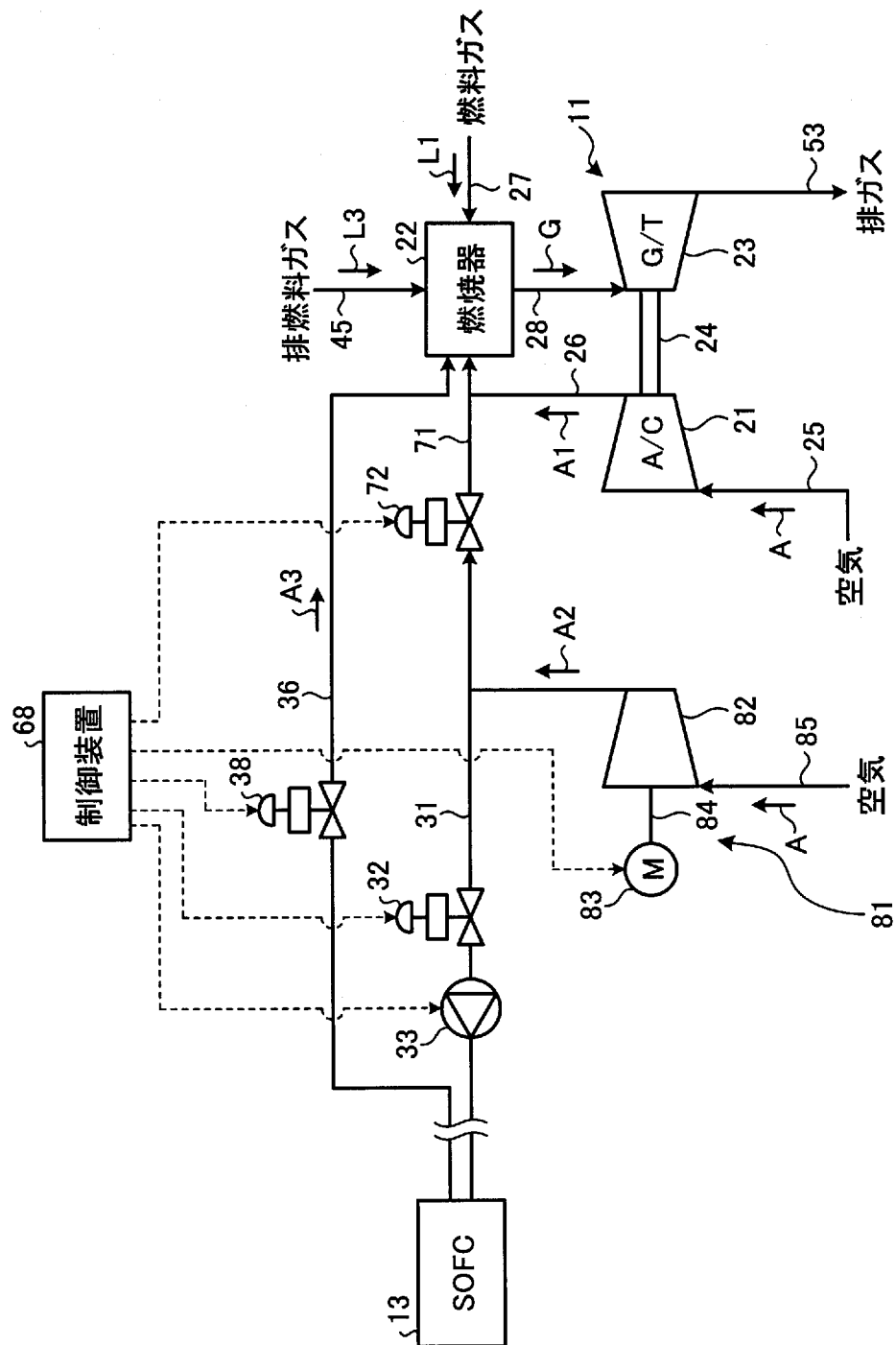
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/079151

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02C6/00(2006.01)i, F01K23/02(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F02C3/30(2006.01)i, F02C6/18(2006.01)i, H01M8/04(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)

F02C6/00, F01K23/02, F01K23/10, F02C3/30, F02C6/18, H01M8/04, 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.
Y A	JP 2003-36872 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 07 February 2003 (07.02.2003), paragraphs [0017] to [0042]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1, 3 2, 4, 5
Y A	JP 10-12255 A (The Tokyo Electric Power Co., Inc.), 16 January 1998 (16.01.1998), paragraph [0036]; fig. 1 (Family: none)	1, 3 2, 4, 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

"I"

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
07 November, 2013 (07.11.13)

Date of mailing of the international search report
19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. F02C6/00(2006.01)i, F01K23/02(2006.01)i, F01K23/10(2006.01)i, F02C3/30(2006.01)i,
F02C6/18(2006.01)i, H01M8/04(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（I P C））

Int.Cl. F02C6/00, F01K23/02, F01K23/10, F02C3/30, F02C6/18, H01M8/04, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
Y A	JP 2003-36872 A（三菱重工業株式会社）2003.02.07, 段落【0017】－【0042】、第1－3図（ファミリーなし）	1、3 2、4、5
Y A	JP 10-12255 A（東京電力株式会社）1998.01.16, 段落【0036】、第1図（ファミリーなし）	1、3 2、4、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

0 7 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 9 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

岡本 健太郎

3 T

3 8 3 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 9 5