(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-79110
(P2017-79110A)
(43)公開日　平成29年4月27日(2017.4.27)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H01M	8/04	(2016.01)	H01M	8/04	J	5H026
H01M	8/0606	(2016.01)	H01M	8/06	R	5H127
H01M	8/12	(2016.01)	H01M	8/12		
H01M	8/14	(2006.01)	H01M	8/14		

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 16 頁）

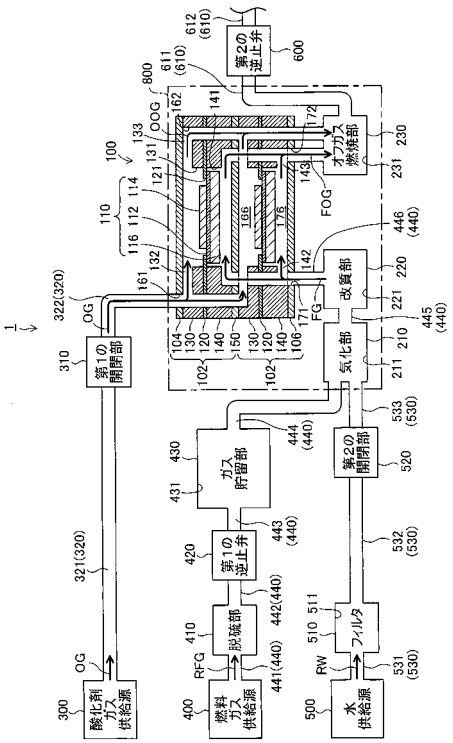
(21)出願番号　特願2015-205651 (P2015-205651)
(22)出願日　平成27年10月19日 (2015.10.19)

(71)出願人　000004547
日本特殊陶業株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号
(74)代理人　110001911
特許業務法人アルファ国際特許事務所
(72)発明者　神野　美子
愛知県名古屋市瑞穂区高辻町１４番１８号
日本特殊陶業株式会社内

Ｆターム(参考)　5H026 AA05　AA06
5H127 AA04　AA07　AC05　BA05　BA13
BA18　BA21　BA36　BA42　BA57
BA59　BB02　BB12　BB22　BB23
BB37　BB39　DA12　DC22　DC29
DC82　DC83　DC90　EE30

(54)【発明の名称】燃料電池システム

(57)【要約】
【課題】制御部の制御の停止後に、補助部内の混合排ガスが燃料室に逆流することに起因して燃料極が酸化することを抑制すること。
【解決手段】燃料電池システムにおいて、酸化剤ガス供給管に設けられ、電力供給が停止された場合、酸化剤ガス供給管内の流路を閉鎖する閉鎖状態になり、電力供給がされた場合、閉鎖状態から酸化剤ガス供給管内の流路を開放する開放状態に切り替わる第１の開閉部と、燃料ガス供給管に設けられた第１の逆止弁と、を備える。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
固体酸化物または炭酸塩を含む電解質層と、前記電解質層を挟んで互いに対向する空気極および燃料極とを含む単セルを複数備える燃料電池スタックであって、前記空気極に面する空気室に連通する酸化剤ガス流路と、前記燃料極に面する燃料室に連通する燃料ガス流路とが形成された燃料電池スタックと、
酸化剤ガスを送出する酸化剤ガス供給源と、
一端が前記酸化剤ガス供給源に接続され、他端が前記酸化剤ガス流路に接続される酸化剤ガス供給管と、
燃料ガスを送出する燃料ガス供給源と、
一端が前記燃料ガス供給源に接続され、他端が前記燃料ガス流路に接続される燃料ガス供給管と、
前記燃料電池スタックから排出される前記酸化剤ガスを含む酸化剤オフガスと前記燃料ガスを含む燃料オフガスとが合流する合流空間が形成された補助部と、
前記酸化剤ガス供給源および前記燃料ガス供給源を制御する制御部と、
を備える燃料電池システムにおいて、
前記酸化剤ガス供給管に設けられ、電力供給が停止された場合、前記酸化剤ガス供給管内の流路を閉鎖する閉鎖状態になり、電力供給がされた場合、前記閉鎖状態から前記酸化剤ガス供給管内の流路を開放する開放状態に切り替わる第１の開閉部と、
前記燃料ガス供給管に設けられた第１の逆止弁と、を備えることを特徴とする燃料電池システム。
【請求項２】
請求項１に記載の燃料電池システムにおいて、
前記第１の開閉部は、前記酸化剤ガス供給管における中間点よりも前記燃料電池スタック側に設けられていることを特徴とする燃料電池システム。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載の燃料電池システムにおいて、
前記燃料ガス供給管の内、前記第１の逆止弁と前記燃料電池スタックとの間には、前記燃料ガス供給管の流路に直交する断面における開口面積が前記燃料ガス供給管よりも大きい収容空間が形成されたガス貯留部が設けられることを特徴とする燃料電池システム。
【請求項４】
請求項１から請求項３までのいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、さらに、
一端が前記補助部に形成された前記合流空間に接続され、他端が前記補助部の外部に引き出された排出管と、
前記排出管に設けられた第２の逆止弁と、を備えることを特徴とする燃料電池システム。
【請求項５】
請求項１から請求項４までのいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、さらに、
前記燃料ガス供給管において、前記第１の逆止弁と前記燃料電池スタックとの間に設けられた改質部と、
水を送出する水供給源と、
一端が前記水供給源に接続され、他端が前記改質部に繋がっている水供給管と、
前記水供給管に設けられたフィルタと、を備え、
前記制御部は、前記水供給源を制御し、
前記水供給管の内、前記フィルタと前記改質部との間に設けられ、電力供給が停止された場合、前記水供給管内の流路を閉鎖する閉鎖状態になり、電力供給がされた場合、前記閉鎖状態から前記水供給管内の流路を開放する開放状態に切り替わる第２の開閉部と、を備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項６】
請求項５に記載の燃料電池システムにおいて、
前記第２の開閉部は、前記水供給管における中間点よりも前記改質部側に設けられていることを特徴とする燃料電池システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本明細書に開示される技術は、燃料電池システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
燃料電池システムは、複数の単セルを含む燃料電池スタックと、酸化剤ガス供給源と、酸化剤ガス供給管と、燃料ガス供給源と、燃料ガス供給管と、補助部と、制御部とを備える。燃料電池スタックには、各単セルの空気極に面する空気室に連通する酸化剤ガス流路と、各単セルの燃料極に面する燃料室に連通する燃料ガス流路とが形成されている。酸化剤ガス供給源は、酸化剤ガス供給管を介して、燃料電池スタックの酸化剤ガス流路に接続されており、酸化剤ガスを空気室に供給する。燃料ガス供給源は、燃料ガス供給管を介して、燃料電池スタックの燃料ガス流路に接続されており、燃料ガスを燃料室に供給する。補助部は、燃料電池スタックから排出される酸化剤オフガスと燃料オフガスとが合流する合流空間が形成されている。制御部は、酸化剤ガス供給源による酸化剤ガスの供給量と、燃料ガス供給源による燃料ガスの供給量とを制御する。
【０００３】
このような燃料電池システムでは、燃料電池スタックの発電動作が停止すると、補助部の合流空間内に存在する酸化剤オフガスと燃料オフガスとの混合ガス（以下、混合排ガスという）が燃料電池スタックの燃料室内に逆流し、混合排ガスに含まれる酸素によって燃料極が酸化するおそれがある。そこで、燃料電池スタックの発電動作が停止する場合、酸化剤ガス供給源および燃料ガス供給源の供給量を制御部により制御して、混合排ガスが補助部から各単セルの燃料室内に逆流しないようにする技術が提案されている（特許文献１参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１３－２２５４８４号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記従来の燃料電池システムでは、制御部の制御によって燃料極の酸化を抑制しているため、例えば停電等によって制御部が酸化剤ガス供給源および燃料ガス供給源を正常に制御できなくなった場合や、エラー検知により制御部が酸化剤ガス供給源および燃料ガス供給源の制御を停止した場合などには、燃料極の酸化を抑制することができないおそれがある。
【０００６】
本明細書では、上述した課題の少なくとも一部を解決することが可能な技術を開示する。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
本明細書に開示される技術は、以下の形態として実現することが可能である。
【０００８】
（１）本明細書に開示される燃料電池システムは、固体酸化物または炭酸塩を含む電解質層と、前記電解質層を挟んで互いに対向する空気極および燃料極とを含む単セルを複数備える燃料電池スタックであって、前記空気極に面する空気室に連通する酸化剤ガス流路と

、前記燃料極に面する燃料室に連通する燃料ガス流路とが形成された燃料電池スタックと、酸化剤ガスを送出する酸化剤ガス供給源と、一端が前記酸化剤ガス供給源に接続され、他端が前記酸化剤ガス流路に接続される酸化剤ガス供給管と、燃料ガスを送出する燃料ガス供給源と、一端が前記燃料ガス供給源に接続され、他端が前記燃料ガス流路に接続される燃料ガス供給管と、前記燃料電池スタックから排出される前記酸化剤ガスを含む酸化剤オフガスと前記燃料ガスを含む燃料オフガスとが合流する合流空間が形成された補助部と、前記酸化剤ガス供給源および前記燃料ガス供給源を制御する制御部と、を備える燃料電池システムにおいて、前記酸化剤ガス供給管に設けられ、電力供給が停止された場合、前記酸化剤ガス供給管内の流路を閉鎖する閉鎖状態になり、電力供給がされた場合、前記閉鎖状態から前記酸化剤ガス供給管内の流路を開放する開放状態に切り替わる第１の開閉部と、前記燃料ガス供給管に設けられた第１の逆止弁と、を備えることを特徴とする。この燃料電池システムによれば、何らかの原因で制御部の制御が停止すると、第１の開閉部に電力供給が停止されるため、第１の開閉部は閉鎖状態になり、酸化剤ガス供給源からの酸化剤ガスの供給が遮断される。また、燃料ガス供給管には第１の逆止弁が設けられているため、燃料ガスが燃料電池スタック側から燃料ガス供給源側に逆流することが抑制される。つまり、燃料電池システム内の酸化剤ガス流路のガスの圧力及び流量をいち早く低下させ、燃料ガス流路のガスの圧力及び流量を、酸化剤ガス流路のガスの圧力及び流量より大きい状態を作り出す。これにより、制御部の制御の停止後に、燃料電池スタックから排出される燃料オフガスは補助部内に供給されつつ、燃料電池スタックから排出される酸化剤オフガスが補助部内に流入する量が低減されるため、補助部内の混合排ガスの酸素濃度を低くすることができる。このため、仮に、混合排ガスが燃料室内に逆流しても、燃料極の酸化を抑制することができる。

【０００９】

（２）上記燃料電池システムにおいて、前記第１の開閉部は、前記酸化剤ガス供給管における中間点よりも前記燃料電池スタック側に設けられていてもよい。この燃料電池システムによれば、第１の開閉部が、酸化剤ガス供給管における中間点よりも酸化剤ガス供給源側に設けられた場合に比べて、第１の開閉部が閉鎖状態になったときに第１の開閉部と燃料電池スタックとの間に残存する酸化剤ガスが少ない分だけ、酸化剤ガス流路のガスの圧力及び流量が大きくなることを抑制できる。これにより、制御部の制御の停止後に酸化剤オフガスが補助部内に流入する量が低減されるため、補助部内の混合排ガスの酸素濃度をさらに低下させ、燃料極の酸化を、より確実に抑制することができる。

【００１０】

（３）上記燃料電池システムにおいて、前記燃料ガス供給管の内、前記第１の逆止弁と前記燃料電池スタックとの間には、前記燃料ガス供給管の流路に直交する断面における開口面積が前記燃料ガス供給管よりも大きい収容空間が形成されたガス貯留部が設けられてもよい。この燃料電池システムによれば、燃料電池スタックの発電動作の停止後に燃料電池スタックの温度が低下して燃料電池スタック内の圧力が低下してきた場合でも、ガス貯留部に蓄えられた燃料ガスが燃料室内に供給され続けられるので、燃料ガス流路のガスの圧力及び流量の極端な減少を抑制し、混合排ガスが燃料室内に逆流することを抑制し、燃料極の酸化を抑制することができる。

【００１１】

（４）上記燃料電池システムにおいて、さらに、一端が前記補助部に形成された前記合流空間に接続され、他端が前記補助部の外部に引き出された排出管と、前記排出管に設けられた第２の逆止弁と、を備えてもよい。この燃料電池システムによれば、排出管には第２の逆止弁が設けられているため、外部の空気が補助部に形成された合流空間に流入することが抑制される構成としてもよい。これにより、外部の空気が排出管を介して補助部内に流入することに起因して混合排ガスの酸素濃度が高くなることを抑制し、燃料極の酸化を抑制することができる。

【００１２】

（５）上記燃料電池システムにおいて、さらに、前記燃料ガス供給管において、前記第１

の逆止弁と前記燃料電池スタックとの間に設けられた改質部と、水を送出する水供給源と、一端が前記水供給源に接続され、他端が前記改質部に繋がっている水供給管と、前記水供給管に設けられたフィルタと、を備え、前記制御部は、前記水供給源を制御し、前記水供給管の内、前記フィルタと前記改質部との間に設けられ、電力供給が停止された場合、前記水供給管内の流路を閉鎖する閉鎖状態になり、電力供給がされた場合、前記閉鎖状態から前記水供給管内の流路を開放する開放状態に切り替わる第２の開閉部と、を備えてもよい。この燃料電池システムによれば、何らかの原因で制御部の制御が停止すると、第２の開閉部に電力供給が停止されるため、第２の開閉部は閉鎖状態になり、フィルタから改質部への水の供給が遮断される構成としてもよい。これにより、フィルタ内の水が改質部に供給され改質部から燃料室に水蒸気リッチな気体が流入することに起因して燃料極が酸化することを抑制することができる。

【００１３】

（６）上記燃料電池システムにおいて、前記第２の開閉部は、前記水供給管における中間点よりも前記改質部側に設けられてもよい。この燃料電池システムによれば、第２の開閉部が、水供給管における中間点よりも水供給源側に設けられた場合に比べて、第２の開閉部が閉鎖状態になったときに第２の開閉部と改質部との間に残存する水が少ない分だけ、制御部の制御の停止後に水蒸気リッチな気体が燃料極に流入することを、より確実に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】燃料電池システム１の構成を概略的に示す説明図

【図２】制御部７００の構成を示すブロック図

【図３】比較構成Ａについて、燃料電池スタック１００の温度と、燃料電池スタック１００内に導入されるガスの圧力および流量との推移を示す説明図

【図４】本実施形態の燃料電池システム１について、燃料電池スタック１００の温度と、燃料電池スタック１００内に導入されるガスの圧力および流量との推移を示す説明図

【発明を実施するための形態】

【００１５】

Ａ．第１実施形態：

Ａ－１．構成：

（燃料電池システム１の構成）

図１は、燃料電池システム１の構成を概略的に示す説明図である。図１には、後述する燃料電池スタック１００については断面構成が示されている。本明細書では、便宜的に、紙面上方向（後述のオフガス燃焼部２３０から燃料電池スタック１００に向かう方向）を上方向と呼び、紙面下方向を下方向と呼ぶものとするが、燃料電池スタック１００は実際にはそのような向きとは異なる向きで設置されてもよい。燃料電池システム１は、燃料電池スタック１００と、酸化剤ガスＯＧの供給側の構成と、原燃料ガスＲＦＧの供給側の構成と、オフガスＯＯＧ，ＦＯＧの排出側の構成と、制御部７００（図２参照）と、断熱容器８００とを備える。

【００１６】

（燃料電池スタック１００の構成）

燃料電池スタック１００は、複数の（本実施形態では２つの）発電単位１０２と、一対のエンドプレート１０４，１０６とを備える。２つの発電単位１０２は、所定の配列方向（本実施形態では上下方向）に並べて配置されている。一対のエンドプレート１０４，１０６は、２つの発電単位１０２を上下から挟むように配置されている。なお、燃料電池スタック１００は、上下方向に延びる図示しない複数のボルトによって締結されている。

【００１７】

燃料電池スタック１００を構成する各層（発電単位１０２、エンドプレート１０４，１０６）の上下方向回りの周縁部には、上下方向に貫通する複数の孔が形成されており、各層に形成され互いに対応する孔同士が上下方向に連通して、酸化剤ガス導入マニホールド

１６１と、酸化剤ガス排出マニホールド１６２と、燃料ガス導入マニホールド１７１と、燃料ガス排出マニホールド１７２とを構成している。

【００１８】

酸化剤ガス導入マニホールド１６１は、燃料電池スタック１００の外部から酸化剤ガスＯＧが導入され、その酸化剤ガスＯＧを各発電単位１０２に供給するガス流路であり、一方のエンドプレート１０４を貫通し、他方のエンドプレート１０６に向かって延びている。酸化剤ガス排出マニホールド１６２は、各発電単位１０２から排出された酸化剤オフガスＯＯＧを燃料電池スタック１００の外部へと排出するガス流路であり、一方のエンドプレート１０４の下面から、他方のエンドプレート１０６に向かって延び、当該他方のエンドプレート１０６を貫通している。なお、本実施形態では、酸化剤ガスＯＧとして空気が使用される。

【００１９】

燃料ガス導入マニホールド１７１は、燃料電池スタック１００の外部から後述する燃料ガスＦＧが導入され、その燃料ガスＦＧを各発電単位１０２に供給するガス流路であり、他方のエンドプレート１０６を貫通し、一方のエンドプレート１０４に向かって延びている。燃料ガス排出マニホールド１７２は、各発電単位１０２から排出された燃料オフガスＦＯＧを燃料電池スタック１００の外部へと排出するガス流路であり、他方のエンドプレート１０６を貫通し、一方のエンドプレート１０４に向かって延びている。酸化剤ガス導入マニホールド１６１は、酸化剤ガス流路の一例であり、燃料ガス導入マニホールド１７１は、燃料ガス流路の一例である。

【００２０】

一対のエンドプレート１０４，１０６は、方形の平板形状の導電性部材であり、例えばステンレスにより形成されている。一方のエンドプレート１０４は、最も上に位置する発電単位１０２の上側に配置され、他方のエンドプレート１０６は、最も下に位置する発電単位１０２の下側に配置されている。一対のエンドプレート１０４，１０６によって複数の発電単位１０２が押圧された状態で挟持されている。上側のエンドプレート１０４は、燃料電池スタック１００のプラス側の出力端子として機能し、下側のエンドプレート１０６は、燃料電池スタック１００のマイナス側の出力端子として機能する。

【００２１】

発電単位１０２は、単セル１１０と、セパレータ１２０と、空気極側フレーム１３０と、図示しない空気極側集電体と、燃料極側フレーム１４０と、図示しない燃料極側集電体と、発電単位１０２の最上層および最下層を構成する一対のインターコネクタ１５０とを備えている。

【００２２】

インターコネクタ１５０は、方形の平板形状の導電性部材であり、例えばフェライト系ステンレスにより形成されている。インターコネクタ１５０は、発電単位１０２間の電気的導通を確保すると共に、発電単位１０２間での反応ガスの混合を防止する。なお、本実施形態では、２つの発電単位１０２が隣接して配置されている場合、１つのインターコネクタ１５０は、隣接する２つの発電単位１０２に共有されている。すなわち、ある発電単位１０２における上側のインターコネクタ１５０は、その発電単位１０２の上側に隣接する他の発電単位１０２における下側のインターコネクタ１５０と同一部材である。また、燃料電池スタック１００は一対のエンドプレート１０４，１０６を備えているため、燃料電池スタック１００において最も上に位置する発電単位１０２は上側のインターコネクタ１５０を備えておらず、最も下に位置する発電単位１０２は下側のインターコネクタ１５０を備えていない。図１では上端の発電単位１０２にはエンドプレート１０４が設けられ、発電単位１０２における最上層のインターコネクタ１５０は省略されている。下端の発電単位１０２には、エンドプレート１０６が設けられ、発電単位１０２における最下層のインターコネクタ１５０が省略されている。したがって、インターコネクタ１５０は１つしか図示されていない。

【００２３】

単セル１１０は、電解質層１１２と、電解質層１１２を挟んで上下方向（発電単位１０２が並ぶ配列方向）に互いに対向する空気極（カソード）１１４および燃料極（アノード）１１６とを備える。なお、本実施形態の単セル１１０は、燃料極１１６で電解質層１１２および空気極１１４を支持する燃料極支持形の単セルである。

【００２４】

電解質層１１２は、方形の平板形状部材であり、例えば、ＹＳＺ（イットリア安定化ジルコニア）、ＳｃＳＺ（スカンジア安定化ジルコニア）、ＳＤＣ（サマリウムドープセリア）、ＧＤＣ（ガドリニウムドープセリア）、ペロブスカイト型酸化物等の固体酸化物により形成されている。空気極１１４は、方形の平板形状部材であり、例えば、ペロブスカイト型酸化物（例えばＬＳＣＦ（ランタンストロンチウムコバルト鉄酸化物）、ＬＳＭ（ランタンストロンチウムマンガン酸化物）、ＬＮＦ（ランタンニッケル鉄））により形成されている。燃料極１１６は、方形の平板形状部材であり、例えば、Ｎｉ（ニッケル）、Ｎｉとセラミック粒子からなるサーメット、Ｎｉ基合金等により形成されている。このように、本実施形態の単セル１１０（発電単位１０２）は、電解質として固体酸化物を用いる固体酸化物形燃料電池（ＳＯＦＣ）である。

【００２５】

セパレータ１２０は、中央付近に上下方向に貫通する方形の孔１２１が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、金属により形成されている。セパレータ１２０における孔１２１の周囲部分は、電解質層１１２における空気極１１４の側の表面の周縁部に対向している。セパレータ１２０は、その対向した部分に配置されたロウ材（例えばＡｇロウ）により形成された図示しない接合部により、電解質層１１２（単セル１１０）と接合されている。セパレータ１２０により、単セル１１０の周縁部における一方の電極側から他方の電極側へのガスのリークが抑制される。なお、セパレータ１２０が接合された単セル１１０をセパレータ付き単セルともいう。

【００２６】

空気極側フレーム１３０は、中央付近に上下方向に貫通する方形の孔１３１が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、マイカ等の絶縁体により形成されている。空気極側フレーム１３０は、セパレータ１２０における電解質層１１２に対向する側とは反対側の表面の周縁部と、インターコネクタ１５０における空気極１１４に対向する側の表面の周縁部とに接触している。空気極側フレーム１３０によって、空気極１１４とインターコネクタ１５０との間に空気室１６６が確保されると共に、発電単位１０２に含まれる一対のインターコネクタ１５０間が電気的に絶縁される。また、空気極側フレーム１３０には、酸化剤ガス導入マニホールド１６１と空気室１６６とを連通する酸化剤ガス供給連通孔１３２と、空気室１６６と酸化剤ガス排出マニホールド１６２とを連通する酸化剤ガス排出連通孔１３３とが形成されている。

【００２７】

燃料極側フレーム１４０は、中央付近に上下方向に貫通する方形の孔１４１が形成されたフレーム状の部材であり、例えば、金属により形成されている。燃料極側フレーム１４０は、セパレータ１２０における電解質層１１２に対向する側の表面の周縁部と、インターコネクタ１５０における燃料極１１６に対向する側の表面の周縁部とに接触している。燃料極側フレーム１４０によって、燃料極１１６とインターコネクタ１５０との間に燃料室１７６が確保される。また、燃料極側フレーム１４０には、燃料ガス導入マニホールド１７１と燃料室１７６とを連通する燃料ガス供給連通孔１４２と、燃料室１７６と燃料ガス排出マニホールド１７２とを連通する燃料ガス排出連通孔１４３とが形成されている。

【００２８】

空気極側集電体は、空気極１１４における電解質層１１２に対向する側とは反対側の表面と、インターコネクタ１５０における空気極１１４に対向する側の表面とに接触することにより、空気極１１４とインターコネクタ１５０とを電気的に接続する。燃料極側集電体は、燃料極１１６とインターコネクタ１５０とを電気的に接続する。

【００２９】

（酸化剤ガスＯＧの供給側の構成）
酸化剤ガスＯＧの供給側の構成には、酸化剤ガス供給源３００と、第１の開閉部３１０と、酸化剤ガス供給管３２０とが含まれる。酸化剤ガス供給源３００は、例えばコンプレッサやポンプを有し、酸化剤ガスＯＧを送出する。また、酸化剤ガス供給源３００は、制御部７００の制御によって酸化剤ガスＯＧの送出量を変更可能である。第１の開閉部３１０は、電力供給がされていることを条件に開放状態になり、電力供給が停止されると閉鎖状態になる、いわゆるノーマルクローズ型の開閉部であり、例えば、ノーマルクローズ型の電磁弁やバルブである。
【００３０】
酸化剤ガス供給管３２０は、第１の酸化剤ガス供給管３２１と、第２の酸化剤ガス供給管３２２とを含む。第１の酸化剤ガス供給管３２１の一端は、酸化剤ガス供給源３００の送出口に接続され、第１の酸化剤ガス供給管３２１の他端は、第１の開閉部３１０の入力口に接続されている。第２の酸化剤ガス供給管３２２の一端は、第１の開閉部３１０の出力口に接続され、第２の酸化剤ガス供給管３２２の他端は、燃料電池スタック１００の酸化剤ガス導入マニホールド１６１の導入口に接続されている。また、第１の開閉部３１０は、酸化剤ガス供給管３２０における中間点よりも燃料電池スタック１００側に設けられている。
【００３１】
（原燃料ガスＲＦＧの供給側の構成）
原燃料ガスＲＦＧの供給側の構成には、燃料ガス供給源４００と、脱硫部４１０と、第１の逆止弁４２０と、ガス貯留部４３０と、燃料ガス供給管４４０と、気化部２１０と、改質部２２０と、水供給源５００と、フィルタ５１０と、第２の開閉部５２０と、水供給管５３０とが含まれる。
【００３２】
燃料ガス供給源４００は、例えばコンプレッサやポンプを有し、原燃料ガスＲＦＧを送出する。また、燃料ガス供給源４００は、制御部７００の制御によって原燃料ガスＲＦＧの送出量を変更可能である。脱硫部４１０は、燃料ガス供給源４００によって送出された原燃料ガスＲＦＧから硫黄を除去する。
【００３３】
第１の逆止弁４２０は、脱硫部４１０から出力された原燃料ガスＲＦＧが燃料電池スタック１００側に流入することを許容しつつ、原燃料ガスＲＦＧが燃料電池スタック１００側から脱硫部４１０側へと逆流することを阻止する。ガス貯留部４３０は、入力口と出力口とを有し、内部に収容空間４３１が形成された部材であり、ガス貯留部４３０の外形は例えば円柱状である。収容空間４３１について、燃料ガス供給管４４０の流路に直交する断面における開口面積は、燃料ガス供給管４４０よりも大きい。ガス貯留部４３０は、例えば、金属材料や樹脂材料（特にゴム）によって形成されたものであり、圧力変化によって変形する材料で形成されたものが好ましい。
【００３４】
燃料ガス供給管４４０は、第１の燃料ガス供給管４４１と、第２の燃料ガス供給管４４２と、第３の燃料ガス供給管４４３と、第４の燃料ガス供給管４４４と、第５の燃料ガス供給管４４５と、第６の燃料ガス供給管４４６とを含む。第１の燃料ガス供給管４４１の一端は、燃料ガス供給源４００の送出口に接続され、第１の燃料ガス供給管４４１の他端は、脱硫部４１０の入力口に接続されている。第２の燃料ガス供給管４４２の一端は、脱硫部４１０の出力口に接続され、第２の燃料ガス供給管４４２の他端は、第１の逆止弁４２０の入力口に接続されている。
【００３５】
第３の燃料ガス供給管４４３の一端は、第１の逆止弁４２０の出力口に接続され、第３の燃料ガス供給管４４３の他端は、ガス貯留部４３０の入力口に接続されている。第４の燃料ガス供給管４４４の一端は、ガス貯留部４３０の出力口に接続され、第４の燃料ガス供給管４４４の他端は、気化部２１０の入力口に接続されている。第５の燃料ガス供給管

４４５の一端は、気化部２１０の出力口に接続され、第５の燃料ガス供給管４４５の他端は、改質部２２０の入力口に接続されている。第６の燃料ガス供給管４４６の一端は、改質部２２０の出力口に接続され、第６の燃料ガス供給管４４６の他端は、燃料ガス導入マニホールド１７１の導入口に接続されている。

【００３６】

水供給源５００は、例えばコンプレッサやポンプを有し、水ＲＷを送出する。また、水供給源５００は、制御部７００の制御によって水ＲＷの送出量を変更可能である。フィルタ５１０には、水を収容可能な収容空間５１１が内部に形成されており、フィルタ５１０は、水供給源５００から送出された水ＲＷを浄化して純水にする。第２の開閉部５２０は、電力供給がされていることを条件に開放状態になり、電力供給が停止されると閉鎖状態になる、いわゆるノーマルクローズ型の開閉部であり、例えば、ノーマルクローズ型の電磁弁やバルブである。また、第２の開閉部５２０は、水供給管５３０においてフィルタ５１０と燃料電池スタック１００との中間点よりも燃料電池スタック１００側に設けられている。

【００３７】

水供給管５３０は、第１の水供給管５３１と、第２の水供給管５３２と、第３の水供給管５３３とを含む。第１の水供給管５３１は、水供給源５００の送出口に接続され、第１の水供給管５３１の他端は、フィルタ５１０の入力口に接続されている。第２の水供給管５３２の一端は、フィルタ５１０の出力口に接続され、第２の水供給管５３２の他端は、第２の開閉部５２０の入力口に接続されている。第３の水供給管５３３の一端は、第２の開閉部５２０の出力口に接続され、第３の水供給管５３３の他端は、気化部２１０の入力口に接続されている。

【００３８】

気化部２１０には、水導入室と、この水導入室に連通する混合室とを含む内部空間２１１が形成されている。第２の開閉部５２０を介して水導入室に流入した水ＲＷは、図示しない加熱源によって加熱され気化されて水蒸気になる。水蒸気は混合室に流入し、ガス貯留部４３０を介して混合室に流入した原燃料ガスＲＦＧと混ざり合い、その結果、混合ガスが生成される。改質部２２０は、改質室２２１が内部に形成されている。気化部２１０で生成された混合ガスは、図示しない加熱源によって加熱され、改質室２２１内で改質反応に供され、その結果、水素リッチな燃料ガスＦＧとなり、燃料ガス導入マニホールド１７１に供給される。

【００３９】

（オフガスＯＯＧ，ＦＯＧの排出側の構成）

酸化剤オフガスＯＯＧおよび燃料オフガスＦＯＧの排出側の構成には、オフガス燃焼部２３０と、第２の逆止弁６００と、排出管６１０とが含まれる。オフガス燃焼部２３０の内部には、酸化剤ガス排出マニホールド１６２と燃料ガス排出マニホールド１７２とに連通する合流空間２３１が形成されている。酸化剤ガス排出マニホールド１６２から排出される酸化剤オフガスＯＯＧと、燃料ガス排出マニホールド１７２から排出される燃料オフガスＦＯＧとは、合流空間２３１にて合流して混ざり合い、燃焼する。なお、合流空間２３１には、酸化剤オフガスＯＯＧと燃料オフガスＦＯＧとの燃焼を促進させる触媒が配置されている。オフガス燃焼部２３０は、補助部の一例である。

【００４０】

第２の逆止弁６００は、オフガス燃焼部２３０から排出された酸化剤オフガスＯＯＧおよび燃料オフガスＦＯＧが燃料電池スタック１００の外部に流出することを許容しつつ、外部の空気がオフガス燃焼部２３０側へと逆流することを阻止する。排出管６１０は、第１の排出管６１１と、第２の排出管６１２とを含む。第１の排出管６１１の一端は、オフガス燃焼部２３０の排出口に接続され、第１の排出管６１１の他端は、第２の逆止弁６００の入力口に接続されている。第２の排出管６１２の一端は、第２の逆止弁６００の出力口に接続され、第２の排出管６１２の他端が燃料電池システム１の外部に引き出されている。

【００４１】
断熱容器８００は、例えばステンレスにより形成された筐体の内側面に断熱材が配置された構成を有する。上述の燃料電池スタック１００と、気化部２１０と、改質部２２０と、オフガス燃焼部２３０とが、発電モジュールを構成する。この発電モジュールが断熱容器８００内に収容されることにより、発電を行う際に発電モジュールが高温に維持される。本実施形態では、上述の燃料電池システム１の構成要素のうち、発電モジュールと、酸化剤ガス供給管３２０の一部と、燃料ガス供給管４４０の一部と、水供給管５３０の一部と、排出管６１０の一部とが断熱容器８００内に収容されており、酸化剤ガス供給源３００と、第１の開閉部３１０と、燃料ガス供給源４００と、脱硫部４１０と、第１の逆止弁４２０と、ガス貯留部４３０と、水供給源５００と、フィルタ５１０と、第２の開閉部５２０と、第２の逆止弁６００とは断熱容器８００の外部に配置されている。
【００４２】
（制御部の構成）
制御部７００は、ＣＰＵ７１０と、メモリ７２０とを有し、外部の電源Ｗから電力供給されることにより動作可能になる。メモリ７２０には、燃料電池システム１を制御するための制御プログラムや、各種設定等が記憶されている。ＣＰＵ７１０は、メモリ７２０から読み出したプログラム等に従って、燃料電池システム１の各構成要素を制御する。
【００４３】
より詳細には、ＣＰＵ７１０は、酸化剤ガス供給源３００の送出動作の入り切りを制御する。さらに、ＣＰＵ７１０は、酸化剤ガス供給管３２０に設けられた図示しない圧力センサおよび流量センサの検出結果に基づき、酸化剤ガス供給源３００による酸化剤ガスＯＧの送出圧力と送出量とを変更することにより、燃料電池スタック１００（酸化剤ガス導入マニホールド１６１）に導入される酸化剤ガスＯＧの圧力および流量（以下、酸化剤ガスＯＧの導入圧力および導入流量という）を所定の目標値に調整する。また、ＣＰＵ７１０は、燃料ガス供給源４００の送出動作の入り切りを制御する。さらに、ＣＰＵ７１０は、燃料ガス供給管４４０に設けられた図示しない圧力センサおよび流量センサの検出結果に基づき、燃料ガス供給源４００による原燃料ガスＲＦＧの送出圧力と送出量とを変更することにより、原燃料ガスＲＦＧを改質部２２０により改質した燃料ガスＦＧの燃料電池スタック１００（燃料ガス導入マニホールド１７１）に導入される圧力および流量（以下、燃料ガスＦＧの導入圧力および導入流量という）を所定の目標値に調整する。また、ＣＰＵ７１０は、水供給源５００の送出動作の入り切りを制御する。さらに、ＣＰＵ７１０は、水供給管５３０に設けられた図示しない流量センサの検出結果に基づき、水供給源５００による水ＲＷの送出量を変更することにより、気化部２１０に導入される水ＲＷの流量を所定の目標値に調整する。
【００４４】
また、本実施形態では、第１の開閉部３１０および第２の開閉部５２０への電力供給の入り切りは、制御部７００による制御に基づき行われる。従って、制御部７００に電源Ｗからの電力供給が停止されると、第１の開閉部３１０および第２の開閉部５２０は閉鎖状態になる。
【００４５】
Ａ－２．制御部７００による制御不能または制御停止時の動作：
例えば停電、制御部７００と電源Ｗとの間の電源ラインの断線や、制御部７００自体の破損等が生じた場合、制御部７００は、燃料電池システム１を正常に制御することができなくなる制御不能状態になる。また、例えば圧力センサの検出結果等に基づき酸化剤ガス供給源３００や燃料ガス供給源４００による送出圧力が異常値に達するなど、燃料電池システム１の異常状態を検出した場合は、燃料電池システム１の制御動作を強制終了（シャットダウン）し、電源Ｗからの電力供給を遮断する制御停止状態になる。
【００４６】
ここで、後述するように、制御部７００が制御不能状態や制御停止状態になり、燃料電池スタック１００の発電動作が停止すると、オフガス燃焼部２３０の合流空間２３１内（

以下、単に、オフガス燃焼部２３０内ということがある）に存在する酸化剤オフガスＯＯＧと燃料オフガスＦＯＧとの混合ガス（以下、混合排ガスという）が各発電単位１０２の燃料室１７６内に逆流し、混合排ガスに含まれる酸素によって燃料極１１６が酸化するおそれがある。本実施形態の燃料電池システム１では、制御部７００が制御不能状態等になった場合でも、制御部７００による制御を要することなく、燃料極１１６の酸化を抑制することができる。以下、燃料電池システム１の構成要素の内、第１の開閉部３１０、第１の逆止弁４２０、ガス貯留部４３０、第２の逆止弁６００および第２の開閉部５２０が設けられていない構成を、比較構成Ａとし、本実施形態の燃料電池システム１の作用効果について、比較構成Ａと比較して説明する。

【００４７】

（第１の開閉部３１０と第１の逆止弁４２０とガス貯留部４３０とによる燃料極１１６の酸化の抑制）

制御部７００が制御不能状態等になると、酸化剤ガス供給源３００、燃料ガス供給源４００および水供給源５００への電力供給が停止される。しかし、酸化剤ガス供給源３００、燃料ガス供給源４００および水供給源５００の惰性動作や、配管３２０，４４０，５３０内の残圧によって、酸化剤ガスＯＧ、原燃料ガスＲＦＧや水ＲＷが惰性分だけ供給され続けることがある。

【００４８】

図３は、比較構成Ａについて、制御部７００による制御停止後における燃料電池スタック１００の温度と、燃料電池スタック１００内に導入されるガスの圧力および流量との推移を示す説明図である。図４は、本実施形態について、制御部７００による制御停止後における燃料電池スタック１００の温度と、燃料電池スタック１００内に導入されるガスの圧力および流量との推移を示す説明図である。各図において、ＰＣのグラフは、空気室１６６への酸化剤ガスＯＧの導入圧力の変化を示し、ＰＡのグラフは、燃料室１７６への燃料ガスＦＧの導入圧力の変化を示し、ＰＳのグラフは、オフガス燃焼部２３０内の圧力の変化を示す。また、ＦＣのグラフは、空気室１６６への酸化剤ガスＯＧの導入流量の変化を示し、ＦＡのグラフは、燃料室１７６への燃料ガスＦＧの導入流量の変化を示す。なお、図３に示すＦＡ，ＦＣのグラフにおいて、酸化剤ガスＯＧの導入流量および燃料ガスＦＧの導入流量がマイナスの範囲内にあることは、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスが燃料電池スタック１００内（燃料室１７６等）に逆流していることを意味する。また、図４に示すＦＡ，ＦＣのグラフにおいて、酸化剤ガスＯＧの導入流量および燃料ガスＦＧの導入流量が０（ゼロ）であることは、酸化剤ガスＯＧおよび燃料ガスＦＧが燃料電池スタック１００内に流入しておらず、さらに、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスが燃料電池スタック１００内（燃料室１７６等）に逆流もしていないことを意味する。

【００４９】

制御部７００の制御動作中では、酸化剤ガスＯＧの導入圧力は、燃料ガスＦＧの導入圧力よりも高く、且つ、酸化剤ガスＯＧの導入流量は、燃料ガスＦＧの導入流量よりも多い。このため、比較構成Ａでは、制御部７００による制御が停止すると（図３の時間Ｔ０参照）、酸化剤ガスＯＧの導入圧力が燃料ガスＦＧの導入圧力よりも高い状態を維持しつつ、酸化剤ガスＯＧの導入圧力および燃料ガスＦＧの導入圧力が低下していく。また、酸化剤ガスＯＧの導入流量が燃料ガスＦＧの導入流量よりも多い状態を維持しつつ、酸化剤ガスＯＧの導入流量および燃料ガスＦＧの導入流量が低下していく（図３の時間Ｔ０と時間Ｔ２との期間を参照）。また、上述の制御部７００による制御が停止すると、燃料電池スタック１００の発電動作が停止し、各単セル１１０での発電反応が停止するため、燃料電池スタック１００の温度が低下していく。

【００５０】

その後、燃料ガスＦＧの導入圧力が、酸化剤ガスＯＧの導入圧力より先にオフガス燃焼部２３０内の圧力と同等になることにより（図３の時間Ｔ２参照）、燃料オフガスＦＯＧのオフガス燃焼部２３０内への流入量が、酸化剤オフガスＯＯＧのオフガス燃焼部２３０内への流入量よりも早期にゼロに近くなる。すなわち、比較構成Ａでは、制御部７００に

よる制御の停止後において、酸化剤オフガスＯＯＧが、燃料オフガスＦＯＧよりも、オフガス燃焼部２３０内に多く流入するため、オフガス燃焼部２３０内における混合排ガスの酸素濃度が比較的に高くなる。

【００５１】

その後、酸化剤ガスＯＧの導入圧力もオフガス燃焼部２３０内の圧力と同等になる（図３の時間Ｔ３参照）。また、上述したように各単セル１１０での発電反応の停止によって燃料電池スタック１００の温度が低下していくと、これに伴って、燃料電池スタック１００の内部空間（空気室１６６や燃料室１７６）内のガスの体積が収縮していく。なお、燃料電池スタック１００の内部空間の体積も、燃料電池スタック１００の温度低下に伴って収縮し得るが、その収縮率は、内部空間内のガスの体積の収縮率より小さい。このため、燃料電池スタック１００内の圧力が、燃料電池スタック１００およびオフガス燃焼部２３０の外部の気圧（以下、外気圧という）よりさらに低くなり、その圧力差を解消するために、外部の空気が、排出管６１０を逆流することがある。外部の空気が逆流すると、これに伴って、オフガス燃焼部２３０内に残存している混合排ガスが燃料室１７６内に逆流する。混合排ガスが燃料室１７６内に逆流すると、オフガス燃焼部２３０内の高酸素濃度の混合排ガスが燃料室１７６内に逆流することになるため、燃料極１１６の酸化が大きく進行するおそれがある。なお、燃料電池スタック１００の温度が、略４００度以下になると、混合排ガスが燃料室１７６内に逆流しても燃料極１１６で酸化反応しなくなる。

【００５２】

これに対して、本実施形態の燃料電池システム１には、第１の開閉部３１０が、酸化剤ガス供給源３００と燃料電池スタック１００との間の酸化剤ガス供給管３２０中に設けられている。そして、制御部７００の制御が停止すると、第１の開閉部３１０が閉鎖状態になるため、酸化剤ガス供給源３００の惰性動作等による酸化剤ガスＯＧの導入が遮断される。このため、酸化剤ガスＯＧの導入圧力が、燃料ガスＦＧの導入圧力より先にオフガス燃焼部２３０内の圧力と同等になることにより（図４の時間Ｔ１参照）、酸化剤オフガスＯＯＧのオフガス燃焼部２３０内への流入量が、燃料オフガスＦＯＧのオフガス燃焼部２３０内への流入量よりも早期にゼロに近くなる。すなわち、本実施形態の燃料電池システム１では、制御部７００による制御の停止後において、燃料オフガスＦＯＧが、酸化剤オフガスＯＯＧよりも、オフガス燃焼部２３０内に多く流入するため、オフガス燃焼部２３０内における混合排ガスの酸素濃度が比較的に低くなる。これにより、本実施形態の燃料電池システム１では、仮に、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスが燃料室１７６内に逆流したとしても、比較構成Ａに比べて、混合排ガスの酸素濃度が低いため、燃料極１１６の酸化を抑制することができる。

【００５３】

また、燃料電池システム１には、第１の逆止弁４２０が、脱硫部４１０と燃料電池スタック１００との間の燃料ガス供給管４４０中に設けられている。第１の逆止弁４２０によって、燃料ガス供給源４００の惰性動作等による原燃料ガスＲＦＧの供給が許容されつつ、原燃料ガスＲＦＧの逆流が阻止されるため、第１の逆止弁４２０より下流側の圧力が低下することを抑制することができる。これにより、比較構成Ａに比べて、燃料電池スタック１００およびオフガス燃焼部２３０内の圧力低下が抑制されるため、制御部７００の制御の停止後に、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスが燃料室１７６内に逆流することを抑制することができる。具体的には、比較構成Ａに比べて、混合排ガスが逆流するタイミングが遅くなる（図３の時間Ｔ３および図４の時間Ｔ４参照）。

【００５４】

しかも、第１の開閉部３１０は、酸化剤ガス供給管３２０における中間点よりも燃料電池スタック１００側に設けられている。従って、第１の開閉部３１０が、酸化剤ガス供給管３２０における中間点よりも酸化剤ガス供給源３００側に設けられた場合に比べて、第１の開閉部３１０が閉鎖状態になったときに第１の開閉部３１０と燃料電池スタック１００との間に残存する酸化剤ガスＯＧが少ない分だけ、制御部７００の制御の停止後における酸化剤オフガスＯＯＧのオフガス燃焼部２３０内への流入量が少なくなるため、オフガ

ス燃焼部２３０内の混合排ガスの酸素濃度が高くなることを抑制することができる。なお、第１の開閉部３１０は、酸化剤ガス供給管３２０の内、燃料電池スタック１００から１／４以内の部分に設けられてもよい。要するに、第１の開閉部３１０は、燃料電池スタック１００に近ければ近い程よい。

【００５５】

さらに、本実施形態の燃料電池システム１では、ガス貯留部４３０が、第１の逆止弁４２０と燃料電池スタック１００との間の燃料ガス供給管４４０中に設けられている。また、上述の第１の逆止弁４２０により、ガス貯留部４３０内の圧力は、オフガス燃焼部２３０内の圧力よりも高くなっている。このため、燃料電池スタック１００内のガスの体積が収縮したとき、ガス貯留部４３０内の原燃料ガスＲＦＧが、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスよりも優先して燃料室１７６内に流入する。

【００５６】

また、ガス貯留部４３０の収容空間４３１の容積は、第２の酸化剤ガス供給管３２２の配管容積と、第３の水供給管５３３の配管容積と、燃料電池スタック１００の内部容積と、オフガス燃焼部２３０の容積と、排出管６１０の配管容積との合計容積以上である。これにより、ガス貯留部４３０内の原燃料ガスＲＦＧによって、燃料電池スタック１００内の燃料室１７６を十分に満たすことができるため、比較構成Ａに比べて、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスが燃料室１７６内に逆流することを抑制することができる。

【００５７】

（第２の逆止弁６００による燃料極１１６の酸化の抑制）

上述したように、外部の空気がオフガス燃焼部２３０内に逆流すると、その外部の空気に含まれる酸素によってオフガス燃焼部２３０内の混合排ガスの酸素濃度が高くなるおそれがある。また、燃料電池スタック１００内の圧力が外気圧よりも低くならなくても、外部の空気が気流に乗って排出管６１０を逆流し、オフガス燃焼部２３０内に流入することにより、オフガス燃焼部２３０内の混合排ガスの酸素濃度が高くなるおそれがある。

【００５８】

これに対して、本実施形態の燃料電池システム１では、第２の逆止弁６００が、排出管６１０中に設けられている。このため、外部の空気がオフガス燃焼部２３０内に逆流することが抑制される。これにより、外部の空気がオフガス燃焼部２３０内に流入することに起因して混合排ガスの酸素濃度が高くなることを抑制し、燃料極１１６の酸化を抑制することができる。

【００５９】

（第２の開閉部５２０による燃料極１１６の酸化の抑制）

制御部７００が制御不能状態等になると、水供給源５００への電力供給も停止される。しかし、水供給管５３０内の残圧等により、フィルタ５１０の収容空間５１１内の水ＲＷが気化部２１０に流入し気化して水蒸気が生成され、水蒸気が燃料室１７６に流入して、燃料室１７６が水蒸気リッチの状態になることにより、燃料極１１６が酸化するおそれがある。

【００６０】

これに対して、本実施形態の燃料電池システム１には、第２の開閉部５２０が、フィルタ５１０と燃料電池スタック１００との間の水供給管５３０中に設けられている。そして、制御部７００の制御が停止すると、第２の開閉部５２０が閉鎖状態になるため、水供給源５００の惰性動作や、水供給管５３０内の残圧等によるフィルタ５１０の収容空間５１１内の水ＲＷの供給が遮断される。これにより、燃料室１７６が水蒸気リッチの状態になることに起因して燃料極１１６が酸化することを抑制することができる。

【００６１】

しかも、第２の開閉部５２０は、水供給管５３０における中間点よりも燃料電池スタック１００側に設けられている。従って、第２の開閉部５２０が、水供給管５３０における中間点よりも水供給源５００側に設けられた場合に比べて、第２の開閉部５２０が閉鎖状態になったときに第２の開閉部５２０と気化部２１０との間に残存する水ＲＷが少ない分

だけ、制御部７００の制御の停止後に水蒸気が燃料室１７６に流入することに起因して燃料極１１６が酸化することを、より確実に抑制することができる。なお、第２の開閉部５２０は、水供給管５３０の内、燃料電池スタック１００から１／４以内の部分に設けられてもよい。要するに、第２の開閉部５２０は、燃料電池スタック１００に近ければ近い程よい。

【００６２】

（オフガス燃焼部２３０の合流空間２３１内の体積）

オフガス燃焼部２３０の合流空間２３１内の体積は、燃料電池スタック１００の燃料室１７６内の体積（複数の燃料室１７６を有する場合、これら複数の燃料室１７６の合計体積）の１／３以上が好ましく、２／３倍以上であることがより好ましい。燃料電池スタック１００の発電動作中の温度が７００度で、燃料極１１６が酸化しなくなる温度が４００度であるとすると、体積と温度との相関関係により、燃料電池スタック１００の温度が４００度まで低下したとき、燃料室１７６内のガスの体積は、燃料電池スタック１００の発電動作時に比べて、約３割減少する。従って、合流空間２３１内の体積は、燃料室１７６の体積の１／３以上であれば、燃料室１７６内のガスの減少分を、合流空間２３１内の混合排ガスで補うことができるために、仮に、第２の逆止弁６００が設けられていなくても、外部の空気が合流空間２３１に流入することを抑制することができる。なお、合流空間２３１内の混合排ガスは、空気室１６６内にも流入するため、空気室１６６と燃料室１７６との体積が略同一であるとみなして、合流空間２３１内の体積は、燃料室１７６内の体積の２／３以上であることが、より好ましい。

【００６３】

Ｂ．変形例

本明細書で開示される技術は、上述の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の形態に変形することができ、例えば次のような変形も可能である。

【００６４】

上記実施形態では、燃料電池システムとして、脱硫部４１０と、ガス貯留部４３０と、水供給源５００と、フィルタ５１０と、第２の開閉部５２０と、水供給管５３０と、気化部２１０と、改質部２２０と、第２の逆止弁６００と、断熱容器８００との構成要素を備える燃料電池システム１を例示した。しかし、燃料電池システムは、これに限定されず、これらの構成要素の内、断熱容器８００を除く、少なくとも１つを備えない構成でもよい。また、燃料電池システムは、例えば酸化剤ガス供給管３２２に、酸化剤ガスＯＧを加熱する熱交換部や予熱部を備えた構成でもよい。

【００６５】

上記実施形態では、第１の開閉部３１０および第２の開閉部５２０への電力供給の入り切りは、制御部７００による制御に基づき実行される構成を例示したが、これに限定されず、例えば、制御部７００が起動されると、制御部７００の制御とは独立に、制御部７００と共通の電源Ｗから第１の開閉部３１０および第２の開閉部５２０に電力供給が開始される構成でもよい。このような構成でも、停電等によって制御部７００が正常に制御できなくなった場合、上述の第１の開閉部３１０や第１の逆止弁４２０等によって、燃料極１１６の酸化を抑制することができる。

【００６６】

上記実施形態では、補助部として、オフガス燃焼部２３０を例示したが、補助部は、これに限定されず、酸化剤オフガスＯＯＧと燃料オフガスＦＯＧとを燃焼させないものでもよい。要するに、補助部は、酸化剤オフガスＯＯＧと燃料オフガスＦＯＧとが合流する合流空間が形成されたものであればよい。

【００６７】

上記実施形態では、単セルとして、固体酸化物を含む電解質層を含むＳＯＦＣを例示したが、単セルは、これに限定されず、例えば、炭酸塩を含む電荷質層を含む溶融炭酸塩形燃料電池（ＭＣＦＣ）でもよく、要するに、定格運転時の温度が略６００度以上である高

温型の燃料電池であればよい。

【００６８】

また、上記実施形態において、燃料電池スタック１００に含まれる発電単位１０２の個数は、あくまで一例であり、発電単位１０２の個数は燃料電池スタック１００に要求される出力電圧等に応じて適宜決められる。

【００６９】

また、上記実施形態では、２つの発電単位１０２が隣接して配置されている場合には、１つのインターコネクタ１５０が隣接する２つの発電単位１０２に共有されるとしているが、このような場合でも、２つの発電単位１０２がそれぞれのインターコネクタ１５０を備えてもよい。また、上記実施形態では、燃料電池スタック１００において最も上に位置する発電単位１０２の上側のインターコネクタ１５０や、最も下に位置する発電単位１０２の下側のインターコネクタ１５０は省略されているが、これらのインターコネクタ１５０を省略せずに設けてもよい。

【００７０】

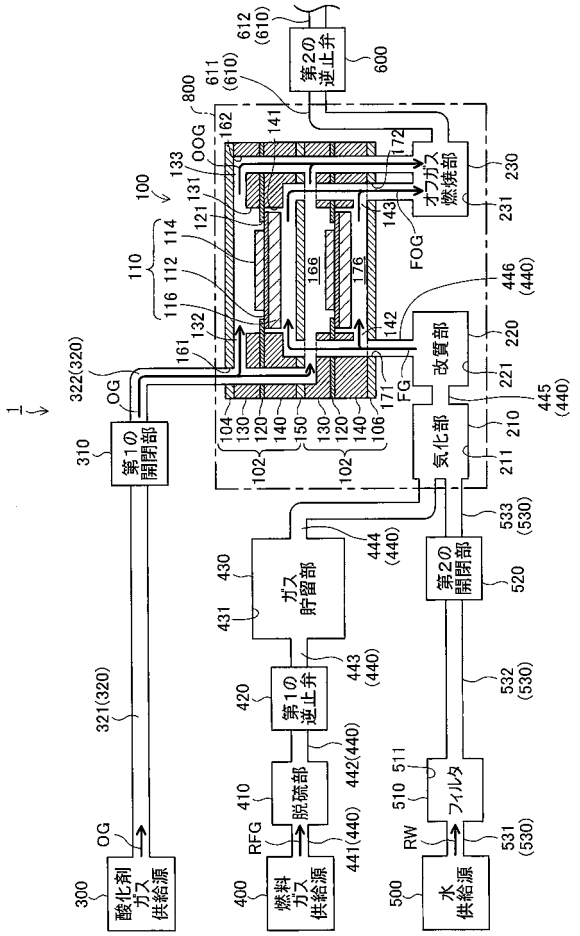
上記実施形態では、都市ガスを改質して水素リッチな燃料ガスを得るとしているが、ＬＰガスや灯油、メタノール、ガソリン等の他の原料から燃料ガスを得るとしてもよいし、燃料ガスとして純水素を利用してもよい。

【符号の説明】

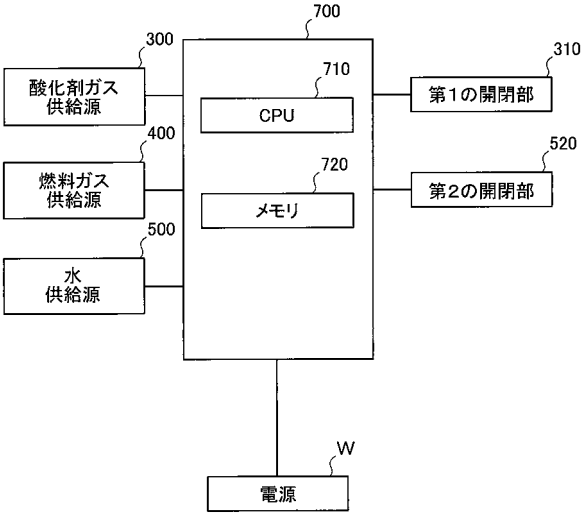
【００７１】

１：燃料電池システム　１００：燃料電池スタック　１０２：発電単位　１０４，１０６：エンドプレート　１１０：単セル　１１２：電解質層　１１４：空気極　１１６：燃料極　１４２：燃料ガス供給連通孔　１４３：燃料ガス排出連通孔　１５０：インターコネクタ　１６１：酸化剤ガス導入マニホールド　１６２：酸化剤ガス排出マニホールド　１６６：空気室　１７１：燃料ガス導入マニホールド　１７２：燃料ガス排出マニホールド　１７６：燃料室　２１０：気化部　２１１：内部空間　２２０：改質部　２２１：改質室　２３０：オフガス燃焼部　２３１：合流空間　３００：酸化剤ガス供給源　３１０：第１の開閉部　３２０：酸化剤ガス供給管　４００：燃料ガス供給源　４１０：脱硫部　４２０：第１の逆止弁　４３０：ガス貯留部　４３１：収容空間　４４０：燃料ガス供給管　５００：水供給源　５１０：フィルタ　５１１：収容空間　５２０：第２の開閉部　５３０：水供給管　６００：第２の逆止弁　６１０：排出管　７００：制御部　７１０：ＣＰＵ　７２０：メモリ　ＦＧ：燃料ガス　ＦＯＧ：燃料オフガス　ＯＧ：酸化剤ガス　ＯＯＧ：酸化剤オフガス　ＲＦＧ：原燃料ガス　ＲＷ：水　Ｗ：電源

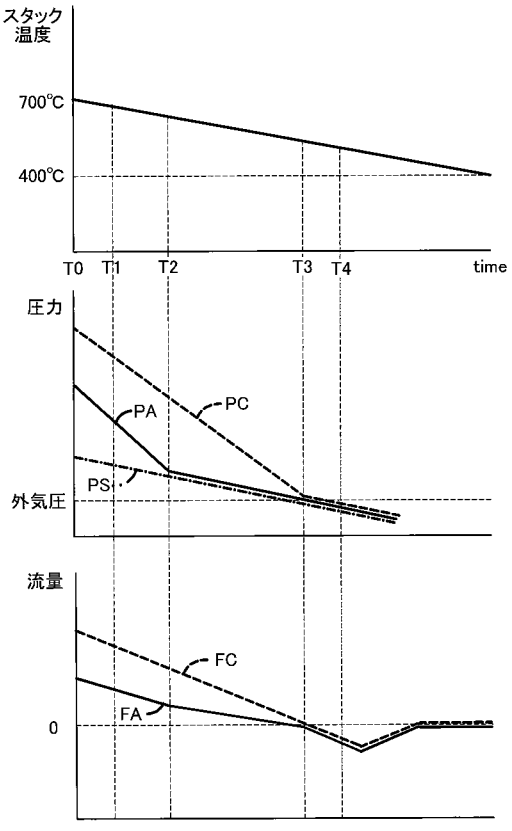
【図１】


第2の逆止弁
オフガス燃焼部
改質部
気化部
第1の開閉部
第2の開閉部
ガス貯留部
第1の逆止弁
脱硫部
フィルタ
酸化剤ガス供給源
燃料ガス供給源
水供給源
OG
OOG
FOG
FG
RFG
RW

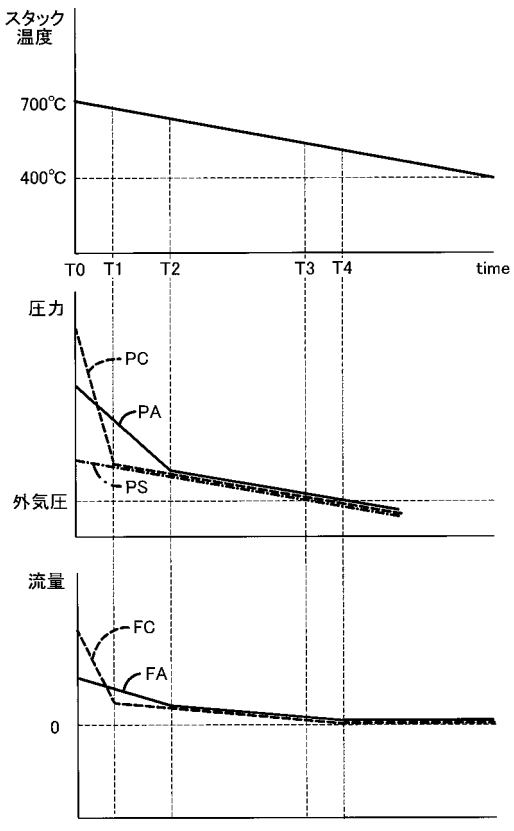
【図２】


700
300
酸化剤ガス供給源
400
燃料ガス供給源
500
水供給源
710
CPU
720
メモリ
310
第1の開閉部
520
第2の開閉部
W
電源

【図３】


スタック温度
700℃
400℃
T0
T1
T2
T3
T4
time
圧力
PA
PC
PS
外気圧
流量
FC
FA
0

【図４】


スタック温度
700℃
400℃
T0
T1
T2
T3
T4
time
圧力
PC
PA
PS
外気圧
流量
FC
FA
0