

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875246号
(P4875246)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 M	8/04	(2006.01)	HO 1 M	8/04	X
HO 1 M	8/00	(2006.01)	HO 1 M	8/04	Y
HO 1 M	8/06	(2006.01)	HO 1 M	8/00	Z
			HO 1 M	8/06	G
			HO 1 M	8/06	B

請求項の数 11 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2001-103867 (P2001-103867)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成13年4月2日(2001.4.2)		三菱重工株式会社
(65) 公開番号	特開2002-298889 (P2002-298889A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成14年10月11日(2002.10.11)	(73) 特許権者	000217686
審査請求日	平成20年2月15日(2008.2.15)		電源開発株式会社
			東京都中央区銀座6丁目15番1号
		(74) 代理人	100102864
			弁理士 工藤 実
		(72) 発明者	池田 浩二
			長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工 業株式会社長崎造船所内
		(72) 発明者	久留 長生
			長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工 業株式会社長崎造船所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 固体電解質型燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

水素ガスを含む第1の供給ガスを供給するための第1の燃料供給部と、
炭化水素ガスを含む第2の供給ガスを供給するための第2の燃料供給部と、
酸素ガスを含む酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、
水分を含む第3の供給ガスを受け取り、前記第3の供給ガスが前記第2の供給ガスを含むとき、前記水分を用いて前記炭化水素ガスを水素ガスを含む燃料ガスに改質し、前記第3の供給ガスが前記第1の供給ガスを含むとき、そのまま前記燃料ガスとして使用し、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとから発電しながら前記水分を発生し、前記水分を含む排燃料ガスと排酸化剤ガスを排出する固体電解質型燃料電池と、

10

前記排燃料ガスと前記第1の供給ガスまたは前記第2の供給ガスとが混合され前記第3の供給ガスとして前記固体電解質型燃料電池に供給されるように前記排燃料ガスを循環する循環部と、

前記固体電解質型燃料電池の内部の圧力と温度に基づいて、前記第1の燃料供給部と前記第2の燃料供給部を制御して前記第1の供給ガスと前記第2の供給ガスの供給を制御する制御部と

を具備し、

前記制御部は、システムの起動時から前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後、前記固体電解質型燃料電池の内部温度が所定値に達して定格運転が始まるまで、前記第1の供給ガスを供給し、前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後前

20

記第 2 の供給ガスの供給を開始するように制御する
固体電解質型燃料電池システム。

【請求項 2】

水素ガスを含む第 1 の供給ガスを供給するための第 1 の燃料供給部と、
炭化水素ガスを含む第 2 の供給ガスを供給するための第 2 の燃料供給部と、
酸素ガスを含む酸化剤ガスを供給する酸化剤ガス供給部と、
水分を含む第 3 の供給ガスを受け取り、前記第 3 の供給ガスが前記第 2 の供給ガスを含むとき、前記水分を用いて前記炭化水素ガスを水素ガスを含む燃料ガスに予備改質し、前記第 3 の供給ガスが前記第 1 の供給ガスを含むとき、そのまま前記燃料ガスとして出力する予備改質器と、

10

前記水分を用いて前記燃料ガスに更に改質し、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとから発電しながら水分を発生し、前記水分を含む排燃料ガスと排酸化剤ガスを排出する固体電解質型燃料電池と、

前記排燃料ガスと前記第 1 の供給ガスまたは前記第 2 の供給ガスとが混合され前記第 3 の供給ガスとして前記改質器に供給されるように前記排燃料ガスを循環する循環部と、

前記固体電解質型燃料電池の内部の圧力と温度に基づいて、前記第 1 の燃料供給部と前記第 2 の燃料供給部を制御して前記第 1 の供給ガスと前記第 2 の供給ガスの供給を制御する制御部と

を具備し、

前記制御部は、システムの起動時から前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後、前記固体電解質型燃料電池の内部温度が所定値に達して定格運転が始まるまで、前記第 1 の供給ガスを供給し、前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後前記第 2 の供給ガスの供給を開始するように制御する
固体電解質型燃料電池システム。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記固体電解質型燃料電池は、燃料ガス中の都市ガス成分を水素ガスを含むガス成分に改質する機能を有する固体電解質型燃料電池システム。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記固体電解質型燃料電池に供給される前記酸化剤ガスを加熱して、前記固体電解質型燃料電池の前記内部温度を上げる熱交換器を更に具備する固体電解質型燃料電池システム。

30

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記固体電解質型燃料電池に設けられ、前記固体電解質型燃料電池の内部温度を上げるための加熱手段を更に具備する固体電解質型燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記制御部は、前記燃料ガスの圧力が前記酸化剤ガスの圧力より所定値だけ高いように制御する固体電解質型燃料電池システム。

40

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記第 1 の供給ガスまた第 2 の供給ガス及び前記排燃料ガスの一部を燃焼させ、燃焼ガスを用いてガスタービンを回転させて発電を行うガスタービン発電機を更に具備する固体電解質型燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、
前記ガスタービン発電機からの排ガスは前記酸化剤ガスを加熱するために使用される固体電解質型燃料電池システム。

50

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の固体電解質型燃料電池システムにおいて、

前記制御部は、システムを停止するために、前記第 2 の供給ガスの供給を停止し、代わって前記第 1 の供給ガスを供給し、前記固体電解質型燃料電池内の圧力及び温度が所定値に下がったとき、前記第 1 の供給ガスの供給を停止する固体電解質型燃料電池システム。

【請求項 10】

起動時において、水素ガスを含み炭化水素ガスを含まない第 1 の供給ガスを燃料ガスとして固体電解質型燃料電池に供給するステップと、

酸素ガスを含む酸化剤ガスを前記固体電解質型燃料電池に供給するステップと、前記固体電解質型燃料電池は、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスにより発電し、水分を生成し、前記水分を含む排燃料ガスを出力し、

前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後、前記固体電解質型燃料電池の内部温度が所定値に達して定格運転が始まるとき、前記第 1 の供給ガスの供給を停止するステップと、

炭化水素ガスを含む第 2 の供給ガスを供給するステップと、

前記第 2 の供給ガスを前記排燃料ガス中の水分を用いて改質して水素ガスを含む前記燃料ガスを生成するステップと、

停止時に前記第 2 の供給ガスの供給を停止するステップと、

前記第 2 の供給ガスに代えて、前記第 1 の供給ガスを供給するステップと、
を具備する固体電解質型燃料電池システムの運転方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の固体電解質型燃料電池システムの運転方法において、

前記第 2 の供給ガスの供給量は前記排燃料ガス中の水分の量に基づいて制御される固体電解質型燃料電池システムの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体電解質型燃料電池システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

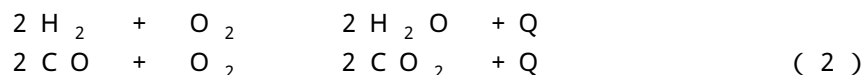
高温固体電解質型燃料電池の構造の一例が特開平 9 - 129256 で知られている。高温固体電解質型燃料電池の動作温度は 800 から 1000 を想定している。この引例では、セルチューブ（燃料電池モジュール）は、上部管板と下部管板に固定されて、下部管板の下方に延びている。水分を含む燃料ガスは、天板と上部管板の間に供給されている。下部管板の下には酸化剤ガスが充填している。燃料ガスはセルチューブに供給され発電に使用される。発電後の排燃料ガスは、セルチューブから上部管板と下部管板との間に排出され、更に外部に排出される。

【0003】

高温固体電解質型燃料電池では、メタンガス等の炭化水素を含有するガス（都市ガス）を供給ガスとして使用することが検討されている。メタンガスを供給ガスとして使用する場合には、



で表される反応式に基づいて、メタンガスを水素ガスを含むガスに改質することが望ましい。なお、この反応は吸熱反応である。生成された水素ガスが燃料ガスとして酸化剤ガスとともに発電に使用される。発電の際の反応は



である。この反応は、発熱反応である。

【0004】

この改質では、上記の反応式に示されるように、水分が必要である。水分が関与してメタ

10

20

30

40

50

ンガスが一酸化炭素と水素に分解されている。従って、改質器を通った燃料ガスは、メタン、水分、一酸化炭素、二酸化炭素、水素を含むことになる。これらのガス成分のうち水素ガスだけ抽出して燃料電池に導入することは実際的ではないので、水分を含む燃料ガスが燃料電池に供給されることになる。

【 0 0 0 5 】

水分を如何に供給するかが問題である。一般的には、ボイラにより蒸気という形で水分が補給されている。しかしながら、ボイラ等の付帯設備を設けることはシステムのコストを押し上げることになる。従って、ボイラの使用はできるだけさけるべきである。その場合、水分を如何に補給するかが問題となる。

【 0 0 0 6 】

所定の条件における定格運転では、上記反応式(2)に従って水分は生成される。この水分を改質に使用することができる。しかしながら、発電当初は、その水分が無いのでボイラを使用せざるを得ない。そこで、ボイラを使用する必要のない固体電解質型燃料電池システムが要望されている。

【 0 0 0 7 】

また、システムの停止時に、いきなり発電を停止すると、メタンガスがそのままセルチューブ入り、



の反応式に従って熱分解されて炭素が付着することになる。この炭素はセルチューブの性能を低下させる。そのため、停止時にそれまでの燃料ガスをパージしなければならないが、余分な構成のシステムへの追加はさけるべきである。

【 0 0 0 8 】

また、固体電解質型燃料電池から排出される排燃料ガスには可燃成分が含まれており、排燃料ガスの一部は循環されるが、残りは排出されている。これはエネルギー的には、効率がよくない。燃料の使用効率を高めた固体電解質型燃料電池システムが望まれている。

【 0 0 0 9 】

【 発明が解決しようとする課題 】

従って、本発明の目的は、安定に電力を取り出すことができる固体電解質型燃料電池システムを提供することである。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の目的は、起動時に水蒸気を供給する必要が無く、ボイラーなどの付帯設備を設ける必要のない固体電解質型燃料電池システムを提供することである。

【 0 0 1 1 】

本発明の他の目的は、起動時及び停止時に炭素による燃料電池モジュールの汚染を防止することができる固体電解質型燃料電池システムを提供することである。

【 0 0 1 2 】

本発明の他の目的は、ガスタービンを用いて燃料ガスを有効に利用することにより発電効率を高めた固体電解質型燃料電池システムを提供することである。

【 0 0 1 3 】

【 課題を解決するための手段 】

以下に、本発明の課題を解決するための手段を説明する。その説明中の技術的事項は、以下の実施の形態の説明における対応する技術的事項を説明するために使用される参照番号あるいは参照記号を添付して説明される。しかしながら、それらの参照番号あるいは参照記号を特許請求の範囲の記載の解釈に用いてはならない。

【 0 0 1 4 】

本発明の観点を達成するために、本発明の固体電解質型燃料電池システムでは、第1の燃料供給部(6、8、14、16)は、水素ガスを含む第1の供給ガスを供給する。第2の燃料供給部(4、12)は、炭化水素ガスを含む第2の供給ガスを供給する。酸化剤ガス供給部(26)は、酸素ガスを含む酸化剤ガスを供給する。固体電解質型燃料電池(2)は、水分を含む第3の供給ガスを受け取り、前記第3の供給ガスが前記第2の供給ガスを

10

20

30

40

50

含むとき、前記水分を用いて前記炭化水素ガスを水素ガスを含む燃料ガスに改質し、前記第3の供給ガスが前記第1の供給ガスを含むとき、そのまま前記燃料ガスとして使用し、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとから発電しながら水分を発生し、前記水分を含む排燃料ガスと排酸化剤ガスを排出する。循環部(22)は、前記排燃料ガスと前記第1の供給ガスまたは前記第2の供給ガスとが混合され前記第3の供給ガスとして前記固体電解質型燃料電池に供給されるように前記排燃料ガスを循環する。制御部(200)は、前記固体電解質型燃料電池の内部の圧力と温度に基づいて、前記第1の燃料供給部と前記第2の燃料供給部を制御して前記第1の供給ガスと前記第2の供給ガスの供給を制御する。

【0015】

本発明の他の観点を達成するために、固体電解質型燃料電池システムでは、第1の燃料供給部(6、8、14、16)は、水素ガスを含む第1の供給ガスを供給する。第2の燃料供給部(4、12)は、炭化水素ガスを含む第2の供給ガスを供給する。酸化剤ガス供給部(26)は、酸素ガスを含む酸化剤ガスを供給する。改質器(20、76)は、水分を含む第3の供給ガスを受け取り、前記第3の供給ガスが前記第2の供給ガスを含むとき、前記水分を用いて前記炭化水素ガスを水素ガスを含む燃料ガスに予備改質し、前記第3の供給ガスが前記第1の供給ガスを含むとき、そのまま前記燃料ガスとして出力する。固体電解質型燃料電池(2)は、前記水分を用いて前記炭化水素ガスを水素ガスを含む燃料ガスに改質し、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスとから発電しながら前記水分を発生し、前記水分を含む排燃料ガスと排酸化剤ガスを排出する。循環部(22)は、前記排燃料ガスと前記第1の供給ガスまたは前記第2の供給ガスとが混合され前記第3の供給ガスとして前記改質器に供給されるように前記排燃料ガスを循環する。制御部(200)は、前記固体電解質型燃料電池の内部の圧力と温度に基づいて、前記第1の燃料供給部と前記第2の燃料供給部を制御して前記第1の供給ガスと前記第2の供給ガスの供給を制御する。

【0016】

ここにおいて、前記固体電解質型燃料電池(2)は、燃料ガス中の都市ガス成分を水素ガスを含むガス成分に改質する機能を有する。

【0017】

また、このとき、固体電解質型燃料電池システムは、前記固体電解質型燃料電池(2)に供給される前記酸化剤ガスを加熱して、前記固体電解質型燃料電池の内部温度を上げるための熱交換機(24、94)を更に具備してもよい。

【0018】

また、固体電解質型燃料電池システムは、前記固体電解質型燃料電池に設けられ、前記固体電解質型燃料電池の内部温度を上げるための加熱手段(78)を更に具備してもよい。

【0019】

前記制御部(200-8)は、前記燃料ガスの圧力が前記酸化剤ガスの圧力より所定値だけ高いように制御する。

【0020】

また、固体電解質型燃料電池システムは、前記第1の供給ガスまたは第2の供給ガス及び前記排燃料ガスの一部を燃焼させ、燃焼ガスを用いてガスタービンを回転させて発電を行うガスタービン発電機(82、88)を更に具備してもよい。

この場合、前記ガスタービン発電機からの排ガスは前記酸化剤ガスを加熱するために使用されることが望ましい。

【0021】

また、前記制御部(200)は、システムの起動時から前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後、前記固体電解質型燃料電池の内部温度が所定値に達して定格運転が始まるまで、前記第1の供給ガスを供給し、前記固体電解質型燃料電池内の圧力が定格値に達した後前記第2の供給ガスの供給を開始するように制御することが望ましい。このとき、前記制御部(200)は、システムの停止するために、前記第2の供給ガスの供給を停止し、代わって前記第1の供給ガスを供給し、前記固体電解質型燃料電池内の圧力及び温度が所定値に下がったとき、前記第1の供給ガスの供給を停止することが望ましい。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の観点を達成するために、固体電解質型燃料電池システムの運転方法は、起動時において、水素ガスを含み炭化水素ガスを含まない第1の供給ガスを燃料ガスとして固体電解質型燃料電池に供給するステップと、酸化剤ガスを含む酸化剤ガスを前記固体電解質型燃料電池に供給するステップと、前記固体電解質型燃料電池は、前記燃料ガスと前記酸化剤ガスにより発電し、水分を生成し、前記水分を含む排燃料ガスを出力し、前記固体電解質型燃料電池が定格条件に達したとき、前記第1の供給ガスの供給を停止するステップと、炭化水素ガスを含む第2の供給ガスを供給するステップと、前記第2の供給ガスを前記排燃料ガス中の水分を用いて改質して水素ガスを含む前記燃料ガスを生成するステップとを具備する。

10

【 0 0 2 3 】

ここで、固体電解質型燃料電池システムの運転方法は、更に、停止時に前記第2の供給ガスの供給を停止するステップと、記第2の供給ガスに代えて、前記第1の供給ガスを供給するステップと、前記固体電解質型燃料電池内の温度と圧力が所定値まで下がったとき、前記第1の供給ガスの供給を停止するステップとを具備する事が望ましい。

【 0 0 2 4 】

また、前記第2の供給ガスの供給量は前記排燃料ガス中の水分の量に基づいて制御されることが望ましい。

【 0 0 2 5 】

【 発明の実施の形態 】

以下に添付図面を参照して、本発明の固体電解質型燃料電池システムについて詳細に説明する。

20

【 0 0 2 6 】

図1は、本発明の第1の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの構成を示すブロック図である。図1を参照して、第1の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムは、主に、固体電解質型燃料電池2、都市ガス供給ユニット4、水素ガス供給ユニット6、窒素ガス供給ユニット8、置換ガス供給ユニット10、制御弁12-18、前処理器20、再循環ブロワ22、外部熱交換器24、エアコンプレッサー26、及び制御ユニット200(図示せず)からなる。制御弁12-18は、それぞれ都市ガス供給ユニット4、水素ガス供給ユニット6、窒素ガス供給ユニット8、置換ガス供給ユニット10

30

【 0 0 2 7 】

制御ユニット200は、流量調整器200-2、温度調整器200-4、圧力制御器200-6、圧力差調整器200-8、流量調整器200-10を含んでいる。制御ユニット200は、固体電解質型燃料電池システムの全体の動作を制御する。

【 0 0 2 8 】

都市ガス供給ユニット4から出力される都市ガスは制御弁12を介して配管100-1に燃料ガスとして供給される。制御弁12は、制御ユニット200により制御され、発電時に配管100-1を介して都市ガスを固体電解質型燃料電池2に供給する。

【 0 0 2 9 】

水素ガス供給ユニット6から出力される水素ガスは制御弁14を介して配管100-1に燃料ガスとして供給される。制御弁14は、制御ユニット200により制御され、固体電解質型燃料電池2の起動時及び運転終了時に水素ガスを配管100-1に供給する。

40

【 0 0 3 0 】

窒素ガス供給ユニット8から出力される窒素ガスは制御弁16を介して配管100-1に供給される。制御弁16は、制御ユニット200により制御され、固体電解質型燃料電池2の起動時及び運転終了時に窒素ガスを配管100-1に供給する。この窒素ガスは、水素ガス供給ユニット6から配管100-1に供給される水素ガスを希釈するために使用される。

【 0 0 3 1 】

50

置換ガス供給ユニット10から出力される置換ガスは制御弁18を介して配管100-1に供給される。制御弁18は、制御ユニット200により制御され、固体電解質型燃料電池2に異常が発生したとき、あるいは固体電解質型燃料電池2の運転を停止するとき、固体電解質型燃料電池2内、及び関連する配管内の燃料ガスを排出するために使用される。窒素ガスまたは窒素ガスで希釈された水素ガスが置換ガスとして使用されるときには、この置換ガス供給ユニット10は不要となる。この場合には、制御ユニット200の制御動作が異なることになる。

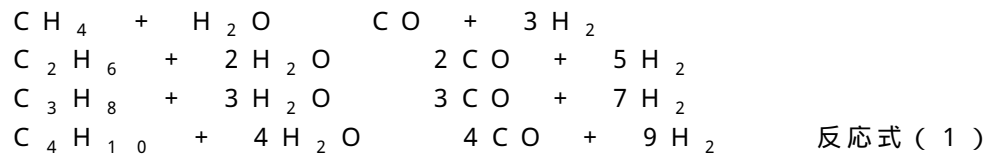
【0032】

配管100-1に供給されたガスは、配管100-16内の循環ガスと共に配管100-4を介して前処理器20に供給される。

10

【0033】

前処理器20は、燃料ガスが固体電解質型燃料電池2に供給される前に、配管100-4内のガスに含まれる C_mH_n ($m \geq 2$)以上の燃料ガス成分の帯か異質を行う。例えば、



改質されたガスは配管100-6を介して固体電解質型燃料電池2に供給される。固体電解質型燃料電池2は、内部に改質機能を有していてもよい。例えば、反応式(1)に従って、都市ガス中に含まれるメタンガスを水素ガスを含むガスに改質することができる。また、前処理器20は、固体電解質型燃料電池2のモジュールと一体化可能である。

20

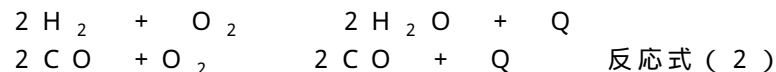
【0034】

エアーコンプレッサー26は、制御ユニット200の制御の下、空気を圧縮して酸化剤ガスとして配管110-2に供給する。配管110-2内の酸化剤ガスは、制御弁28とセンサー30を介して配管110-4、110-6を通して外部熱交換器24に供給される。制御ユニット200の流量調整器200-2は、センサー30により検出された空気圧に基づいて制御弁28の開閉度を制御する。

【0035】

外部熱交換器24は、制御ユニット200の制御の下、配管110-6を介して供給される酸化剤ガスを加熱して配管110-8を介して固体電解質型燃料電池2に供給する。固体電解質型燃料電池2は、高温動作型の燃料電池であり、動作温度は、約800から1000である。水素ガスと酸化剤ガスから以下の反応式(2)に従って電力を発生し、水を生成する。

30



これらの反応は発熱反応であるが、固体電解質型燃料電池2の起動時には固体電解質型燃料電池2は常温にある。従って、起動時には固体電解質型燃料電池2を動作温度に保つための熱源として上記反応熱を利用することはできない。このため、起動時には電気ヒーターまたはバーナー等により加熱し、その熱を用いて固体電解質型燃料電池2を動作させることになる。

40

【0036】

外部熱交換器24は、固体電解質型燃料電池2から排出される高温の酸化剤ガスの熱を利用して、配管110-6を介して供給される酸化剤ガスを加熱する。こうして、固体電解質型燃料電池2から排出される高温の酸化剤ガスは冷却される。制御ユニット200の温度調整器200-4は、外部熱交換器24から固体電解質型燃料電池2に向けて出力される酸化剤ガスの温度を検出し、制御弁32の開閉度を制御する。これにより、加熱前の酸化剤ガスが加熱酸化剤ガスに混合されて温度がほぼ一定の酸化剤ガスが固体電解質型燃料電池2に供給されることになる。

【0037】

50

固体電解質型燃料電池 2 は、配管 100 - 6 を介して供給される燃料ガスと外部熱交換器 24 から供給される加熱酸化剤ガスとを用いて、上記反応式(2)に従って水素ガスと酸化剤ガスから電力を発生し、水を生成する。発生された電力は外部に取り出されるが、図示はしていない。上記反応式(2)に従う反応後の排燃料ガスは、配管 100 - 8 に出力される。また、上記反応式に従う反応後の排酸化剤ガスは、配管 110 - 10 に出力される。

【0038】

排酸化剤ガスは、外部熱交換器 24 を介して配管 110 - 12 に出力される。排酸化剤ガスもかなりの高温状態にあるので、この熱は配管 110 - 6 を介して外部熱交換器 24 に供給される酸化剤ガスを加熱するために使用される。従って、外部熱交換器 24 から配管 110 - 12 に出力される排酸化剤ガスは温度が下がっている。

10

【0039】

その後、排酸化剤ガスは、配管 110 - 12 を介してトラップ 40 を介して排気筒 46 から排気される。トラップ 40 は、排酸化剤ガスに含まれる蒸気などの成分を取り除くために設けられている。

【0040】

トラップ 40 と排気筒 46 の間には、制御弁 42 が設けられている。制御ユニット 200 の圧力調整器 200 - 6 は、固体電解質型燃料電池 2 内のガスの圧力を配管 100 - 20 を介して検出し、制御弁 42 の開閉度を制御する。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が一定に保たれることになる。

20

【0041】

また、反応後の排燃料ガスは、固体電解質型燃料電池 2 から配管 100 - 8 に出力される。排燃料ガスには、上記の反応により生成された水分としての蒸気と、改質器により生成されたが反応に使用されなかった水素ガス、改質により生成された一酸化炭素ガス、改質されないままの燃料ガスなどが含まれている。

【0042】

排燃料ガスは、配管 100 - 10 と配管 110 - 12 と配管 100 - 18 に供給される。配管 100 - 10 に供給された排燃料ガスは、冷却器 34 により冷却された後、トラップ 36 を介して排気筒 44 から排気される。トラップ 34 は、排燃料ガスに含まれている蒸気などを除去するために使用される。

30

【0043】

トラップ 36 と排気筒 44 の間には制御弁 38 が設けられている。制御ユニット 200 の圧力差調整器 200 - 8 は、配管 100 - 18 を介して得られる供給燃料ガスの圧力と配管 100 - 20 を介して得られる固体電解質型燃料電池 2 の内部圧力との差に基づいて制御弁 38 の開閉度を制御する。この結果、固体電解質型燃料電池 2 に供給される燃料ガスの圧力は、酸化剤ガスの圧力より所定値、この例では 50 mm A q だけ高い状態に保たれることができる。

【0044】

配管 100 - 12 に供給された排燃料ガスは、再循環ブロウ 22 により配管 100 - 14 を通して、センサ 52 を介して配管 100 - 16 に供給される。配管 100 - 16 内の燃料ガスは、制御弁 12 - 16 から供給される燃料ガスと共に前処理器 20 に供給される。

40

【0045】

制御弁 50 は、再循環ブロウ 22 をバイパスする経路に設けられている。制御ユニット 200 の流量調整器 200 - 10 は、制御弁 50 の開閉度を制御する。これにより、再循環ブロウ 22 の出力流量の一部は入力側に戻される。こうして、弁 52、配管 100 - 16 を介して前処理器 20 に供給される流量を制御している。

【0046】

また、水道と純水処理器 64、蒸気ボイラ 62 は必要な場合に設けられる。しかしながら、本発明では、必ずしも必要ではない。

【0047】

50

水道からの水は、純水処理器 64 により純水とされた後、蒸気ボイラ 62 に供給される。蒸気ボイラ 62 には L P G ガス 60 が供給され、それが焚かれて純水の蒸気を生成する。生成された蒸気は、配管 100 - 2 を介して前処理器 20 に供給される。

【0048】

次に、本発明の第 1 実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの動作を説明する。図 2 は固体電解質型燃料電池システムの動作状況を示すタイミング図である。図 2 (a) は、固体電解質型燃料電池 2 の負荷電流 (a) を示す。図 2 (b) は、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 (b) と圧力 (c) を示す。図 2 (c) は、燃料ガスの流量 (d、e) と、制御弁 38 の開度を示す。また、蒸気ボイラ 62 が使用される場合の蒸気の供給量を f で示す。図 2 (d) は、制御弁 42 の開度 (圧力調節弁) g、再循環ブロウ 22 の動作 (再循環ガス) h、及び制御弁 28 の開度 (供給空気 (酸化剤ガス) 量) i を示している。

10

【0049】

はじめに、起動時 T0 から T3 までのうちの昇圧期間である時間 T0 から T1 の間の動作について説明する。

【0050】

固体電解質型燃料電池 2 が起動されるときには、固体電解質型燃料電池 2 は常温にある。上記反応式 (2) により電力の発生を達成するためには、800 から 1000 の温度が必要である。また、メタンガスを水素ガスと一酸化炭素ガスに改質するためには水分が必要である。しかしながら、蒸気ボイラ 62 から水蒸気を供給しなければ、起動時にはシステム内に蒸気は存在しない。そこで、本発明では、メタンガスを改質するために必要な水分は固体電解質型燃料電池 2 での電力の発生時に生成される水分を用いている。

20

【0051】

時間 T0 から T1 までの間において、固体電解質型燃料電池 2 内に設けられたヒーターで温度調節が行われている。また、図 2 (b) を参照して、時間 T0 から T1 間での間、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b と圧力 c は増加し続ける。図 2 (c) を参照して、制御弁 14 と 16 が制御され、水素ガスと窒素ガスの混合ガス d は増加し続ける。図 2 (d) を参照して、制御弁 42 の状態 g は開状態から閉状態に向かって徐々に閉じられる。しかしながら、完全に閉じられる訳ではない。また、制御弁 28 の状態 i は、わずかに開いた状態が維持される。再循環ブロウ 22 による循環ガスが徐々に増加する。

【0052】

図 2 (d) に示されるように、時間 T0 では、制御弁 42 がほぼ全開となっているので、エアーコンプレッサー 26 からの酸化剤ガスは外部熱交換器 24 を介して固体電解質型燃料電池 2 に供給される。こうして、図 2 (b) に示されるように、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b は上昇し、また圧力 c も増加する。このとき、制御弁 42 は大きく開いているので、固体電解質型燃料電池 2 内の常温の空気は制御弁 42 を介して排出される。

30

【0053】

この状態で、制御ユニット 200 は、図 2 (c) に示されるように、時間 T0 において、水素ガス供給ユニット 6 と窒素ガス供給ユニット 8 からの水素ガスと窒素ガスを供給するように制御弁 14 と 16 を開ける。その後、水素ガスと窒素ガスの供給量が徐々に増加するように制御弁 14 と 16 を制御する。こうして、窒素ガスで希釈された水素ガスが燃料ガスとして供給される。水素ガスが供給されるので、前処理器 20 では改質の必要性はない。そのため、水素ガスを含む燃料ガスは、固体電解質型燃料電池 2 に供給される。

40

【0054】

固体電解質型燃料電池 2 は、燃料ガスと酸化剤ガスとを用いて上記の反応式 (2) に基づいてわずかではあるが電力を生成し、また水分 (蒸気) を生成する。結果として、生成された水分 (蒸気) は配管 100 - 12 に供給される。このとき、図 2 (c) に示されるように、制御弁 38 は一定の開度であっているが、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が低いので配管 100 - 12 内の排燃料ガスはそれほど制御弁 38 を介しては外部に排出されない。即ち、配管 100 - 12 から固体電解質型燃料電池 2 の入口側に戻るガス量と弁 38 を通して系外に排出されるガス量がバランスする。

50

【 0 0 5 5 】

再循環ブロウ 2 2 が徐々に循環量を増やすように動作するので、配管 1 0 0 - 1 2 内の水分を含む循環ガスは、水素ガスと窒素ガスの混合ガスと混合されて固体電解質型燃料電池 2 に再び供給されることになる。制御弁 4 2 は徐々に閉じる方向に制御されるので、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 c が増加する。

【 0 0 5 6 】

こうして、プロセスは、時間 $T 1$ に進む。時間 $T 1$ では、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が所定の値に達する。しかしながら、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が十分にはあがっていないので、まだ定格運転は行われない。

【 0 0 5 7 】

時間 $T 1$ から $T 2$ 間での間では、外部熱交換器 2 4 は動作状態を維持する。図 2 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 d は一定に保たれる。また、都市ガス e は供給されていない。図 2 (d) に示されるように、制御弁 4 2 は、閉じてはいないが、低い開度 g で保たれる。制御弁 2 8 も低い開度で保たれ、固体電解質型燃料電池 2 に供給される酸化剤ガスの供給量 i も一定に保たれる。再循環ブロウ 2 2 は、一定の循環ガスを循環させるように動作する。これにより、時間 $T 2$ で都市ガス（またはメタンガス）での運転が開始されるまでの過渡的処理が行われる。

【 0 0 5 8 】

時間 $T 1$ から $T 2$ 間での間では、制御弁の制御により、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力は一定値に保たれる。しかしながら、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b は上昇を続ける。

【 0 0 5 9 】

時間 $T 2$ では、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が $7 0 0$ に達する。言い換えれば、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が $7 0 0$ に達する時間が $T 2$ である。時間 $T 2$ から $T 3$ まで、まだ固体電解質型燃料電池 2 の昇温期間が続く。

【 0 0 6 0 】

時間 $T 2$ に達すると、図 2 (c) に示されるように、都市ガスの供給 e が始まり、その供給量が徐々に増やされる。また、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給量は徐々に減らされる。更に、必要があれば、蒸気ボイラ 6 2 から蒸気 f が供給される。なお、制御弁 3 8 は一定の開度 j を保ったままである。また、図 2 (d) を参照して、固体電解質型燃料電池 2 への酸化剤ガスの供給量 i が徐々に増やされる。また、制御弁 4 2 の開度 g は、制御ユニット 2 0 0 により制御される。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力は調整されることができる。

【 0 0 6 1 】

このとき、再循環経路内に水分がだいぶ含まれていることになる。しかしながら、その量は定格運転するには不十分な量である。そのため、都市ガスが徐々に供給され、前処理器 2 0 により改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。また、負荷電流 a が徐々に増やされる。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内では反応式 (2) により電力が発生され、水分が生成される。反応式 (2) は発熱反応なので、その反応熱により固体電解質型燃料電池 2 は加熱される。また、負荷電流 a が増やされることで、生成水の量が増え、再循環にされる水の量も増加する。

【 0 0 6 2 】

すなわち、時間 $T 3$ にかけて固体電解質型燃料電池 2 の昇温が完了される。また、再循環ブロウ 2 2 は排燃料ガスを再循環している。この状態で、制御弁 1 2 が開けられ、都市ガスが燃料ガスとして供給され始める。都市ガスの供給量が徐々に増加するように制御弁 1 2 は制御される。一方、水素ガスと窒素ガスの供給量は、都市ガスの供給量が増えるにつれて減少される。

【 0 0 6 3 】

このとき、再循環経路内に十分水分があれば、都市ガス（メタンガス）は、前処理器 2 0 により反応式 (1) に従い水素ガスを含む燃料ガスに予備改質される。しかしながら、水

10

20

30

40

50

分が不足している場合には、上記ボイラ 6 2 から水分を補充する必要がある。本発明では、都市ガスの供給量は当初押さえられている。これは、再循環経路内に存在する水分に見合う量の都市ガスを供給するためである。こうして、都市ガス（メタンガス）は、水素ガスを含む燃料ガスに改質されることができる。また、その水素ガスが電力発生に使用され、水分が生成される。生成された水分は、都市ガスの改質に使用されるといふ循環が始まることになる。また、固体電解質型燃料電池 2 の電気出力をアップするために負荷電流が徐々に増加されている。

【 0 0 6 4 】

時間 T 3 では、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 9 0 0 に達する。言い換えれば、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 9 0 0 に達する時間が T 3 である。このときには、上記のように、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 c はすでに所定値に達しており、また、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b も 9 0 0 に達するので定格運転が開始される。

10

【 0 0 6 5 】

時間 T 3 から時間 T 4 の間では、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターは、オフされ、定格運転が始まる。図 2 (c) を参照して、都市ガスの供給量 e は一定に保たれる。また、図 2 (d) に示されるように供給酸素量 i も一定に保たれている。水素ガスと窒素ガスの混合ガスは供給されない。図 2 (d) を参照して、制御弁 4 2 は一定の開度 g のまま保たれる。また、再循環ブロワ 2 2 の循環量 h も一定に保たれる。

【 0 0 6 6 】

こうして、都市ガスは前処理器 2 0 により水素ガスを含む燃料ガスに予備改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。固体電解質型燃料電池 2 の内部では、燃料ガスに含まれるメタンが水素に改質される。即ち、

20



の反応が起きる。燃料ガス中の水素ガス及び一酸化炭素とエアーコンプレッサー 2 6 から供給される酸化剤ガスとに基づいて反応式 (2) による反応が進行する。こうして、定格負荷電流 a を取り出すことができる。換言すれば、定格負荷電流 a を取り出すことにより、反応の進行を制御することができる。

【 0 0 6 7 】

このとき、時間 T 4 から時間 T 5 の間でホットバンキングが起きたとする。ホットバンキングとは、以上要因によるインターロック作動及び温度維持状態での発電停止等である。従って、図 (a) に示されるように、負荷電流 a の取り出しは停止される。時間 T 4 から T 5 の間では、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターによる温度調節が開始される。また、図 2 (c) に示されるように、都市ガスの供給 e は停止される。代わって、水素ガスと窒素ガスの混合ガス d が供給される。制御弁 3 8 は一定の開度 j を維持する。また、図 2 (d) に示されるように、再循環ブロワ 2 2 は動作を続ける。また、制御弁 4 2 は一定の開度 g を維持する。酸化剤ガスの供給 i は停止される。

30

【 0 0 6 8 】

時間 T 5 でホットバンキングが終了すると、都市ガスの供給 e が再開され、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給 d は停止される。また、制御弁 2 8 は、閉じられていたとしても元の開度に戻され、供給酸素量 i は元の状態に戻される。こうして、システム全体として定格運転の状態に戻される。

40

【 0 0 6 9 】

時間 T 6 で、定格運転が終了される。このとき、直ちに電源が切られると、配管内に排燃料ガスと酸化剤ガスが残ったままになってしまう。また、都市ガスが残っていれば、改質が行われないので、都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ることになる。都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ると炭化水素ガスが熱分解されて炭素が燃料電池モジュールに付着することになる。この炭素は、燃料電池モジュールの効率を低下させることになる。そのため、運転終了時には、配管内の燃料ガスをすべて排気することが必要である。

【 0 0 7 0 】

50

時間 T 6 では、図 2 (c) に示されるように、制御弁 1 2 が制御され、都市ガスの供給 e は急激に減少される。代わって、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給 d が開始される。この供給量は、時間 T 1 から T 2 の間の供給量とほぼ同じである。図 2 (d) に示されるように、供給酸素量 i も徐々に減らされる。図 2 (a) に示されるように、都市ガスが流れている間に負荷電流 a が下げられる。また、制御弁 4 2 の開度も減らされる。一方、再循環ブロワ 2 2 の動作は定格運転の時と同じである。

【 0 0 7 1 】

こうして、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度 b は徐々に下がり始める。また、このとき、都市ガスの供給が停止されると、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターは温度調整を開始する。

10

【 0 0 7 2 】

こうして、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度が 7 0 0 以下となると、時間 T 7 で、降圧プロセスが始まる。固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターは温度調整したままである。図 2 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 d が徐々に減るように制御弁 1 4、1 6 が制御される。同時に再循環ブロワ 2 2 の循環量が減らされる。一方、制御弁 3 8 は一定の低い開度 j を保ったままである。また、図 2 (d) に示されるように、供給酸素量 i は絞られる。一方、制御弁 4 2 の開度 g は増加される。こうして、酸化剤ガスの圧力が下がり、固体電解質型燃料電池 2 内の燃料ガスは排出される。最終的に、固体電解質型燃料電池 2 の温度 b が常温近くに帰り、また、内部圧力 c が大気圧に戻ったとき (時間 T 8)、システムの運転は終了される。

20

【 0 0 7 3 】

次に、本発明の第 1 実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの第 2 の動作例を説明する。図 3 は固体電解質型燃料電池システムの第 2 の動作状況を示すタイミング図である。図 3 (a) は、固体電解質型燃料電池 2 の負荷電流 o を示す。図 3 (b) は、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 p と圧力 q を示す。図 3 (c) は、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 r と都市ガスの流量 s と、制御弁 3 8 の開度 u を示す。また、蒸気ボイラ 6 2 が使用される場合の蒸気の供給量を t で示す。図 3 (d) は、制御弁 4 2 の開度 (圧力調節弁) v、再循環ブロワ 2 2 の動作 (再循環ガス) x、及び制御弁 2 8 の開度に対応する供給空気 (酸化剤ガス) 量 w を示している。

【 0 0 7 4 】

はじめに、起動時 T 1 0 から T 1 1 までの昇圧昇温期間の動作について説明する。

30

【 0 0 7 5 】

時間 T 1 0 から T 1 1 までの間において、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターにより温度調節が行われている。また、図 3 (c) を参照して、制御弁 1 4 と 1 6 が制御され、水素ガスと窒素ガスの混合ガス r は増加し続ける。図 3 (d) を参照して、制御弁 4 2 の開度 v は一定に保たれる。また、制御弁 2 8 の状態 w は、徐々に開度が増加され、供給酸素量 w は増加する。再循環ブロワ 2 2 による循環ガス x も徐々に増加する。こうして、図 3 (b) に示されるように、時間 T 1 0 から T 1 1 間での間、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b と圧力 c は増加し続ける。

【 0 0 7 6 】

時間 T 1 0 では、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターにより温度調節が行われているので、図 3 (b) に示されるように、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b は上昇する。また、制御弁 4 2 の開度 v は一定に保たれているので、エアーコンプレッサー 2 6 からの酸化剤ガスは外部熱交換器 2 4 を介して固体電解質型燃料電池 2 に供給される。更に、混合ガス r が供給されている。こうして、また圧力 q も増加する。このとき、制御弁 4 2 は一定の開度 v にあるので、固体電解質型燃料電池 2 内の常温の酸化剤ガスは制御弁 4 2 を介して排出される。

40

【 0 0 7 7 】

この状態で、図 3 (c) に示されるように、制御ユニット 2 0 0 により水素ガスと窒素ガスの供給量が徐々に増加するように制御弁 1 4 と 1 6 が制御される。こうして、水素ガス

50

と窒素ガスの混合ガス、即ち窒素ガスで希釈された水素ガスが燃料ガスとして供給される。水素ガスを含むガスが供給されるので、前処理器 20 では改質の必要性はない。そのため、水素ガスを含む燃料ガスは、そのまま固体電解質型燃料電池 2 に供給される。

【0078】

固体電解質型燃料電池 2 は、燃料ガスと酸化剤ガスとを用いて上記の反応式 (2) に基づいてわずかではあるが電力を生成し、また水分 (蒸気) を生成する。結果として、生成された水分 (蒸気) は配管 100 - 12 に供給される。このとき、図 3 (c) に示されるように、制御弁 38 は一定の開度 u であいているが、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が低いので配管 100 - 12 内の排燃料ガスはそれほど制御弁 38 を介しては外部に排出されない。

10

【0079】

再循環ブロワ 22 が徐々に循環量を x 増やすように動作するので、配管 100 - 12 内の水分を含む循環ガスは循環され、水素ガスと窒素ガスの混合ガスと混合されて固体電解質型燃料電池 2 に再び供給されることになる。

【0080】

こうして、プロセスは、時間 T_{11} に進む。時間 T_{11} では、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 q が所定の値 (この例では 3 at g) に達する。また、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度 p も 900 に上昇する。しかしながら、この状態は都市ガスを使用する定格運転ではない。

【0081】

20

時間 T_{11} から T_{12} 間での間では、外部熱交換器 24 の出力は保たれる。図 3 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 r は一定に保たれる。また、都市ガス s は供給されていない。図 3 (d) に示されるように、制御弁 42 は、一定の開度 u を保っている。また、図 3 (d) に示されるように、制御弁 28 は、大きい開度 w で保たれ、大量の空気が供給されている。再循環ブロワ 22 は、一定の循環ガスを循環させるように動作する。これにより、時間 T_{12} で都市ガス (またはメタンガス) での運転が開始されるまでの過渡的処理 (ホットスタンバイ処理) が行われる。こうして、時間 T_{11} から T_{12} 間での間では、図 3 (b) に示されるように、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 q は一定値に保たれ、温度 p も一定に保たれるホットスタンバイ状態が保たれる。

【0082】

30

時間 T_{12} から時間 T_{13} までの間に、燃料の切り替えが行われる。すなわち、時間 T_{12} に達すると、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターによる温度調整は停止される。また、図 3 (c) に示されるように、都市ガスの供給 s が始まり、その供給量が徐々に増やされる。また、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給量 r は徐々に減らされる。更に、必要があれば、蒸気ボイラ 62 から蒸気 t が供給される。なお、制御弁 38 は一定の開度 j を保ったままである。また、図 3 (d) を参照して、制御弁 28 の開度 w は、大きな開度で保たれる。こうして、固体電解質型燃料電池 2 へは十分に酸化剤ガス w が供給されることができる。また、制御弁 42 の開度 v は、制御ユニット 200 により一定に保たれる。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力は調整されることができる。

【0083】

40

時間 T_{12} では、再循環経路内に水分がだいぶ含まれていることになる。しかしながら、その量は定格運転するには不十分な量である。そのため、都市ガス s が徐々に供給され、前処理器 20 により予備改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。また、負荷電流 o が徐々に増やされる。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内では反応式 (2) により電力が発生され、水分が生成される。反応式 (2) は発熱反応なので、その反応熱により固体電解質型燃料電池 2 は加熱される。

【0084】

すなわち、時間 T_{13} にかけて再循環経路内の水分が十分に確保されることになる。すなわち、外部熱交換器 24 を介して酸化剤ガス w が固体電解質型燃料電池 2 に供給され続ける。また、再循環ブロワ 22 は排燃料ガスを再循環している。この状態で、制御弁 12 が

50

開けられ、都市ガス s が燃料ガスとして供給され始める。都市ガスの供給量が徐々に増加するように制御弁 12 は制御される。一方、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給量 r は、都市ガスの供給量 s が増えるにつれて減少される。

【0085】

このとき、再循環経路内に十分水分があれば、都市ガス（メタンガス）は、反応式（1）により水素ガスを含む燃料ガスが前処理器 20 により生成される。しかしながら、水分が不足している場合には、上記ボイラ 62 から水分 t を補充する必要がある。本発明では、都市ガスの供給量は当初押さえられている。これは、再循環経路内に存在する水分に見合う量の都市ガスを供給するためである。こうして、都市ガス（メタンガス）は、水素ガスを含む燃料ガスに改質されることができる。また、その水素ガスが電力発生に使用され、水分が生成される。生成された水分は、都市ガスの改質に使用されるという循環が始まることになる。また、このとき、固体電解質型燃料電池 2 の負荷電流 o が徐々に増加されている。これにより、固体電解質型燃料電池 2 での反応式（2）による反応の速度が制御される。

10

【0086】

時間 $T13$ では、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 900 に達する。言い換えれば、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 900 に達する時間が $T13$ である。このときには、上記のように、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 q はすでに所定値に達しており、また、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 p も 900 に達しているので、定格運転が開始される。

20

【0087】

時間 $T13$ から時間 $T14$ の間では、泥各運転が開始される。固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターはオフされる。図 3 (c) を参照して、都市ガスの供給量 s は一定に保たれる。制御弁 38 は一定の開度 u を保つ。水素ガスと窒素ガスの混合ガスは供給されない。図 3 (d) を参照して、供給酸素量 w も一定である。再循環ブロワ 22 の循環量 x も一定に保たれる。なお、制御弁 42 の開度 v は一定に保たれたままである。

【0088】

こうして、都市ガスは前処理器 20 により水素ガスを含む燃料ガスに予備改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。固体電解質型燃料電池 2 の内部では、燃料ガスに含まれる改質されていないメタンガスがさらに水素ガスに改質される。燃料ガス中の水素ガスと一酸化炭素ガスとエアーコンプレッサー 26 から供給される酸化剤ガスとに基づいて反応式（2）による反応が進行する。こうして、定格負荷電流 o を取り出すことができる。換言すれば、定格負荷電流 o を取り出すことにより、反応の進行を制御することができる。

30

【0089】

時間 $T14$ で、定格運転が終了される。このとき、直ちに電源が切られると、配管内に排燃料ガスと酸化剤ガスが残ったままになってしまう。また、都市ガスが残っていれば、改質が行われないので、都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ることになる。都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ると炭化水素ガスが熱分解されて炭素が燃料電池モジュールに付着することになる。この炭素は、燃料電池モジュールの効率を低下させることになる。そのため、運転終了時には、配管内の燃料ガスをすべて排気することが必要である。

40

【0090】

時間 $T14$ では、負荷電流 o が減少される。こうして、図 3 (c) に示されるように、制御弁 12 が制御され、都市ガスの供給 s は急激に減少される。代わって、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給量 r が急激に増加される。また、図 3 (d) に示されるように、制御弁 28 の開度 w は一定に保たれる。制御弁 42 の開度 v は一定に保たれたままである。再循環ブロワ 22 の動作は定格運転の時と同じである。このため、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 p と圧力 q は変化しない。

【0091】

50

こうして、負荷電流 i が無くなり、都市ガスの供給が無くなると、時間 $T15$ で図 3 (d) に示されるように、混合ガスの供給量 r と酸素供給量 w は徐々に減らされる。再循環ブロワ 22 の循環される排燃料ガスの量も徐々に減らされる。一方、制御弁 42 の開度 v は一定に保たれたままである。また、固体電解質型燃料電池 2 内のヒーターによる温度調整が再開される。こうして、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度 p は徐々に下がり始める。こうして、最終的に、固体電解質型燃料電池 2 の温度 p が常温近くに戻り、また、内部圧力 q が大気圧に戻ったとき (時間 $T16$)、システムの運転は終了される。

【0092】

図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの構成を示すブロック図である。この固体電解質型燃料電池システムは発電量は 100KW 級であり、燃料電池とガスタービン発電機とがコンバインドされている。なお、簡略化のため、図 1 に示された制御ユニット 200 内の一部のユニットは図面では省略されている。

10

【0093】

図 4 を参照して、第 2 の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムは、主に、固体電解質型燃料電池 2、都市ガス供給ユニット 4、蒸気供給ユニット 72、水素ガス供給ユニット 6、窒素ガス供給ユニット 6、置換ガス供給ユニット 10、制御弁 12-18、前処理器 76、再循環ブロワ 22、外部熱交換器 94、エアーコンプレッサー 26、制御ユニット 200 (図示せず)、燃焼器 82、ガスタービン (G/T) 88、温水ボイラ 92 からなる。第 1 の実施の形態におけるヒーターに代えて起動用バーナー 78 が固体電解質型燃料電池 2 には設けられている。都市ガス供給ユニット 4、水素ガス供給ユニット、6、窒素ガス供給ユニット 8、置換ガス供給ユニット 10 に対して制御ユニット 200 により制御される制御弁が設けられているが、図面では省略されている。制御ユニット 200 は、固体電解質型燃料電池システムの全体の動作を制御する。

20

【0094】

都市ガス供給ユニット 4 から出力される都市ガスは制御弁を介して配管 100-1 に燃料ガスとして供給される。水素ガス供給ユニット 6 から出力される水素ガスは制御弁を介して配管 100-1 に燃料ガスとして供給される。窒素ガス供給ユニット 8 から出力される窒素ガスは制御弁を介して配管 100-1 に供給される。この制御弁は、制御ユニット 200 により制御され、固体電解質型燃料電池 2 の起動時及び運転終了時に窒素ガスを配管 100-1 に供給する。この窒素ガスは、水素ガス供給ユニット 6 から配管 100-1 に供給される水素ガスを希釈するために使用される。置換ガス供給ユニット 10 から出力される置換ガスは制御弁を介して配管 100-1 に供給される。蒸気供給ユニット 72 から出力される蒸気は制御弁を介して配管 100-1 に供給される。

30

【0095】

水素供給ユニット 6 と窒素供給ユニット 8 の制御弁は、制御ユニット 200 により制御され、固体電解質型燃料電池 2 に異常が発生したとき、あるいは固体電解質型燃料電池 2 の運転を停止するとき、固体電解質型燃料電池 2 内、及び関連する配管内の燃料ガスを排出するために使用される。

【0096】

配管 100-1 に供給されたガスは、配管 100-14 内の循環ガスと共に配管 100-4 を介して前処理器 76 に供給される。前処理器 76 は、第 1 の実施の形態における前処理器 20 と同じ機能を有する。燃料ガスが固体電解質型燃料電池 2 に供給される前に、配管 100-4 内のガスに含まれる都市ガス (炭化水素ガス) を上記反応式 (1) に従って予備改質する。改質されたガスは配管 100-6 を介して固体電解質型燃料電池 2 に供給される。

40

【0097】

起動用エアーコンプレッサー 98 は、空気を制御弁 120 を介して配管 110-22, 110-24 を介して配管 110-30 に送る。エアーコンプレッサー (A/C) 26、制御ユニット 200 の制御の下、空気を圧縮して酸化剤ガスとして配管 110-30 に供給する。配管 110-30 内の酸化剤ガスは、外部熱交換器 (AH) 94 に供給される。外部

50

熱交換器 94 は、制御ユニット 200 の制御の下、配管 110 - 30 を介して供給される酸化剤ガスを配管 110 - 28 から供給される高温ガスの熱により加熱して配管 110 - 32 に供給する。

【0098】

制御ユニット 200 は、温度制御を行い、外部熱交換器 94 からの酸化剤ガスの温度が高いときには、制御弁 32 を開けて加熱前の空気を配管 110 - 32 に供給する。こうして、固体電解質型燃料電池 2 に供給されるべき酸化剤ガスの温度を調整することができる。

【0099】

配管 110 - 32 内の空気は、制御ユニット 200 により制御される制御弁 128 を介して燃焼器 82 に供給される。また、配管 110 - 32 内の酸化剤ガスは、制御ユニット 200 により制御される流量調節弁（流調弁）28 を介して固体電解質型燃料電池 2 に供給される。この例では、流調弁 28 と並列にバイパス弁 122 が設けられている。制御ユニット 200 の圧力調整器は、センサーにより検出された空気圧に基づいて制御弁 28 の開閉度を制御する。

10

【0100】

固体電解質型燃料電池 2 は、第 1 の実施の形態と同様に、内部に改質機能を有している。例えば、反応式 (1) に従って、都市ガス中に含まれるメタンガスを水素ガスと一酸化炭素ガスを含むガスに改質することができる。固体電解質型燃料電池 2 は、高温動作型の燃料電池であり、動作温度は、約 800 から 1000 である。固体電解質型燃料電池 2 は、配管 100 - 6 を介して供給される燃料ガスと外部熱交換器 94 から供給される加熱酸化剤ガスとを用いて、上記反応式 (2) に従って水素ガスと酸化剤ガスから電力を発生し、水を生成する。発生された電力は外部に取り出されるが、図示はしていない。

20

【0101】

この反応は発熱反応であるが、固体電解質型燃料電池 2 の起動時には固体電解質型燃料電池 2 は常温にある。従って、起動時には固体電解質型燃料電池 2 を動作温度に保つための熱源として上記反応熱を利用することはできない。このため、起動時にはバーナー 78 により固体電解質型燃料電池 2 を加熱している。外部熱交換器 94 で酸化剤ガスを加熱し、その熱を用いて固体電解質型燃料電池 2 の温度を維持する。同時に、反応式 (2) の発熱反応による反応熱を利用して固体電解質型燃料電池 2 の温度を維持する。

【0102】

上記反応式 (2) に従う反応後の排燃料ガスは、配管 100 - 8 に出力される。また、上記反応式に従う反応後の排酸化剤ガスは、配管 110 - 40 に出力される。

30

【0103】

排酸化剤ガスは、外部熱交換器 94 を介して配管 110 - 40 に出力される。排酸化剤ガスもかなりの高温状態にあるので、この排酸化剤ガスは外部熱交換器 94 に供給される酸化剤ガスを加熱するために使用される。従って、外部熱交換器 94 から出力される排酸化剤ガスは温度が下がっている。また、排酸化剤ガスは、制御ユニット 200 により制御される遮断弁 126 を介して燃焼器 82 に供給される。遮断弁 126 の開閉を制御することにより、燃焼器 82 とガスタービン 88 を通るラインと通らないバイパスラインとの切り替えが可能となる。従って、固体電解質型燃料電池 2 の起動とガスタービンの起動を別々に行う際に有効である。

40

【0104】

その後、排酸化剤ガスは、制御ユニット 200 により制御される圧力調節弁 42 を介して排気筒 46 から排気される。制御ユニット 200 の圧力調整器は、固体電解質型燃料電池 2 内のガスの圧力を検出し、圧力調節弁 42 の開閉度を制御する。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が一定に保たれることになる。

【0105】

また、反応後の排燃料ガスは、固体電解質型燃料電池 2 から配管 100 - 8 に出力される。排燃料ガスには、上記の反応により生成された水分としての蒸気と、改質器により生成されたが反応に使用されなかった水素ガス、改質により生成された一酸化炭素ガス、改質

50

されないままの燃料ガスなどが含まれている。

【0106】

排燃料ガスは、配管100-12に供給され、また、制御ユニット200により制御される制御弁86と配管110-44を介して燃焼器82に供給される。更に、制御ユニット200により制御される制御弁84を介して冷却器34に供給され、冷却器34により冷却された後、トラップ36を介して排気筒44から排気される。トラップ34は、排燃料ガスに含まれている蒸気、及び可溶性のガスなどを除去するために使用される。こうして、制御弁86と84を切り換えることにより、燃焼器82とガスタービンG/T88を通るラインと通らないバイパスラインとの切り換えが可能となり、固体電解質型燃料電池2の起動とガスタービンG/T88の起動を別々に実行する際に有効である。

10

【0107】

トラップ36と排気筒44の間には制御ユニット200により制御される差圧調節弁38が設けられている。制御ユニット200の圧力差調整器は供給燃料ガスの圧力と固体電解質型燃料電池2の内部圧力との差に基づいて差圧調節弁38の開閉度を制御する。この結果、固体電解質型燃料電池2に供給される燃料ガスの圧力は、酸化剤ガスの圧力より所定値、この例では50mmHgだけ高い状態に保たれることができる。

【0108】

配管100-12に供給された排燃料ガスは、再循環ブロウ22により配管100-14と制御ユニット200により制御される制御弁132を介して配管100-4に供給される。配管100-4内の燃料ガスは、供給ユニット4,6,8,10,72から供給される燃料ガスと共に前処理器76に供給される。

20

【0109】

制御弁(図示せず)は、再循環ブロウ22をバイパスする経路に設けられている。制御ユニット200の圧力調整器は、この制御弁の開閉度を制御する。これにより、配管100-12内の燃料ガスは、流量制御されて配管100-4に供給されることになる。

【0110】

配管100-1内の水素ガスあるいは都市ガスは、固体電解質型燃料電池2のバーナー78に供給され、固体電解質型燃料電池2を加熱するために使用される。また、配管100-1内の水素ガスあるいは都市ガスは制御ユニット200により制御される制御弁80を介して燃焼器2に供給される。

30

【0111】

燃焼器82からの燃焼ガスはガスタービン88に供給され、発電のために使用される。ガスタービンG/T88には、エアーコンプレッサー26から圧縮空気も供給されている。ガスタービン88からの排ガスは外部熱交換器94に供給され、それに供給される空気を加熱するために使用される。熱交換器94を通過した排ガスは温水ボイラ92に供給される。温水ボイラ92は温水を生成する。温水ボイラに代えて蒸気ボイラを使用すれば、生成された蒸気により、蒸気タービンを回すことも可能である。まあ、その蒸気の一部を固体電解質型燃料電池2の入口側に供給すれば、改質よう蒸気として使用することもできる。

【0112】

次に、本発明の第2実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの動作を説明する。図5は固体電解質型燃料電池システムの動作状況を示すタイミング図である。図5(a)は、固体電解質型燃料電池2の負荷電流(a a)を示す。図5(b)は、固体電解質型燃料電池2内の温度(a b)と圧力(a c)を示す。図5(c)は、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量a eと、都市ガス流量a gと、差圧調節弁38の開度a dと、蒸気供給ユニット72の供給量をa fで示す。図5(d)は、ガスタービン88の出口空気量a h、酸化剤ガスのための圧力調節弁42の開度a i、及び流調弁28による供給空気(酸化剤ガス)量a jを示している。また、図5(e)は、再循環ブロウ22の動作(再循環ガス)a l、ガスタービン88の燃焼器82に水素ガスまたは都市ガスを供給するための制御弁80、128の複合の開度a k、バーナー78に供給される水素ガスまたは都市ガスの流

40

50

量 a_m を示す。

【0113】

はじめに、起動時 T_{20} から T_{21} まで期間の動作からシステムの動作を説明する。

【0114】

時間 T_{20} で固体電解質型燃料電池システムが起動されるときには、固体電解質型燃料電池 2 は常温常圧にある。上記反応式 (2) により電力の発生を達成するためには、800 から 1000 の温度が必要である。また、都市ガス (高水素ガス) を水素ガスと一酸化炭素ガスに改質するためには水分が必要である。しかしながら、水蒸気を供給しなければ、起動時にはシステム内に蒸気は存在しない。そこで、本発明では、都市ガスを改質するために必要な水分は固体電解質型燃料電池 2 での電力の発生時に生成される水分を用いている。

10

【0115】

時間 T_{20} では、図 5 (e) に示されるように制御弁 80 は開いており、図 5 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガス a_e は、一定量が出力されていて、制御弁 80 を介して燃焼器 82 に供給されている。燃焼器には、起動用エアーコンプレッサー 98 からの空気が制御弁 120、外部熱交換器 94、制御弁 128 を介して燃焼器 82 に供給されている。燃焼器 82 の燃焼ガスはガスタービン 88 に供給される。こうして、ガスタービンによる発電は起動される。

【0116】

時間 T_{20} から T_{21} までの間において、図 5 (c) を参照して、水素ガスと窒素ガスの混合ガス a_e は一定量が供給され続けている。また、差圧調節弁 38 は開度 a_d が徐々に減少されている。図 5 (d) を参照して、ガスタービン 88 の出口の空気 a_h は一定量が供給されている。また、圧力調節弁 42 の開度 a_i は徐々に減少される。一方、空気供給量 a_j で低いレベルで一定である。図 5 (e) に示されるように、再循環ブロウ 22 は再循環量を徐々に増やす。こうして、図 5 (b) を参照して、時間 T_{20} から T_{21} 間での間、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 a_b と圧力 a_c は増加し続ける。

20

【0117】

次に、時間 T_{21} から時間 T_{22} までは、図 5 (c) に示されるように、差圧調節弁 38 の開度 a_d は引き続き減少している。混合ガス a_e の供給量は一定である。図 5 (d) を参照して、圧力調節弁 42 の開度 a_i は引き続き減少している。空気供給量 a_j は一定である。

30

【0118】

図 5 (e) を参照して、混合ガス a_e の一部はバーナ燃料 a_m としてバーナー 78 に供給され、燃焼される。これにより固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は上昇される。また、図 5 (d) に示されるように、時間 T_{20} から T_{22} の間では、制御弁 28 は開いているので、エアーコンプレッサー 98 からの酸化剤ガスは外部熱交換器 94 で加温された後、固体電解質型燃料電池 2 に供給される。こうして、図 5 (b) に示されるように、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 a_b は上昇し、また圧力 a_c も増加する。このとき、圧力調節弁 42 は大きく開いているので、固体電解質型燃料電池 2 内の常温の空気は圧力調節弁 42 を介して排出される。

40

【0119】

この状態で、水素ガスと窒素ガスの供給量 a_e は一定に保たれている。こうして、窒素ガスで希釈された水素ガスが燃料ガスとして供給される。水素ガスが供給されるので、前処理器 76 では改質の必要性はない。そのため、水素ガスを含む燃料ガスは、固体電解質型燃料電池 2 に供給される。

【0120】

固体電解質型燃料電池 2 は、燃料ガスと酸化剤ガスとを用いて上記の反応式 (2) に基づいてわずかではあるが電力を生成し、また水分 (蒸気) を生成する。結果として、生成された水分 (蒸気) は配管 100 - 12 に供給される。このとき、図 5 (c) に示されるように、差圧調節弁 38 の開度 a_d は下がっているが、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が

50

低いので配管 100 - 12 内の排燃料ガスはそれほど差圧調節弁 38 を介しては外部に排出されない。

【0121】

再循環ブロワ 22 が徐々に循環量を増やすように動作しているので、配管 100 - 12 内の水分を含む循環ガスは、水素ガスと窒素ガスの混合ガスと混合されて固体電解質型燃料電池 2 に再び供給されることになる。圧力調節弁 42 は徐々に閉じる方向に制御されるので、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 c が増加する。

【0122】

こうして、プロセスは、時間 T 22 に進む。時間 T 22 から時間 T 23 では、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が所定の値に達する。しかしながら、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が十分にはあがっていないので、まだ定格運転は行われぬ。

10

【0123】

時間 T 22 から T 23 間での間では、外部熱交換器 94 は動作状態を維持する。また、図 5 (e) に示されるように、バーナー 78 は燃焼を続けている。このため、図 5 (b) に示されるように、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 a b は徐々に上昇する。

【0124】

図 5 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 a e は一定に保たれている。また、都市ガス a g は供給されていない。都市ガス a g は、第 1 の実施の形態と同様に、定格運転が開始されるように供給される。図 5 (d) に示されるように、圧力調節弁 42 は、閉じられ、そのままの状態を運転停止まで保持する。制御弁 28 は期間 T 21 から T 22 までのときより大きい開度 a j を保つように制御される。再循環ブロワ 22 は、一定量の循環ガスを循環させるように動作する。これにより、時間 T 23 で都市ガス (またはメタンガス) での運転が開始されるまでの過渡的処理が行われる。

20

【0125】

時間 T 22 から T 25 の間では、制御弁の制御により、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力は一定値に保たれる。時間 T 23 では、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が 700 に達する。言い換えれば、固体電解質型燃料電池 2 内の温度が 700 に達する時間が T 23 である。時間 T 23 から T 25 まで、まだ固体電解質型燃料電池 2 の昇温期間が続く。

【0126】

時間 T 23 に達すると、バーナー 78 による加熱は押さえられる。また、図 5 (c) に示されるように、都市ガスの供給 a g が始まり、その供給量が徐々に増やされる。また、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給量は徐々に減らされる。更に、必要があれば、蒸気ボイラ 62 から蒸気 a f が供給される。なお、差圧調節弁 38 は時間 T 23 で閉じられ、運転停止まで保持される。また、図 5 (d) を参照して、固体電解質型燃料電池 2 への空気供給量 a j が徐々に増やされる。また、圧力調節弁 42 の開度 a i は、時間 T 22 から閉じられたままである。また、再循環ブロワ 22 は、時間 T 22 から全開で運転されている。

30

【0127】

図 5 (e) を参照して、燃焼器 82 への燃料ガスと酸化剤ガスの供給は時間 T 23 から T 25 の間で徐々に減らされる。また、制御ユニット 200 により制御弁 80, 84, 86, 122, 126, 128 は連携して制御される。こうして固体電解質型燃料電池 2 に供給される酸化剤ガスの量 a j の増加と同時に、バイパス経由での燃料ガスの供給は減少される。一方、別の経路での排燃料ガスの燃焼器 82 への供給量、及び排酸化剤ガスの燃焼器 82 への供給量が制御される。

40

こうして、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力は調整されることが出来る。

【0128】

このとき、時間 T 23 以後バーナー 78 での燃焼は徐々に減らされ、時間 T 23 と T 25 の間の T 24 でバーナー 78 は停止される。これにより、固体電解質型燃料電池 2 の外的な加温は止まり、反応熱により加温され、また保たれることになる。

【0129】

50

すなわち、再循環経路内に水分がだいぶ含まれていることになる。しかしながら、その量は定格運転するには不十分な量である。そのため、都市ガスが徐々に供給され、前処理器 76 により予備改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。また、負荷電流 a_a が徐々に増やされる。こうして、固体電解質型燃料電池 2 内では反応式 (2) により電力が発生され、水分が生成される。反応式 (2) は発熱反応なので、その反応熱により固体電解質型燃料電池 2 は加熱される。

【0130】

T25 にかけて固体電解質型燃料電池 2 の昇温が完了される。また、再循環ブロワ 22 は排燃料ガスを再循環している。時間時間 T23 から T25 にかけて都市ガス a_g が供給され始める。都市ガスの供給量が徐々に増加するように制御される。一方、水素ガスと窒素ガスの混合ガス a_e の供給量は、都市ガスの供給量 a_g が増えるにつれて減少される。

10

【0131】

このとき、再循環経路内に十分水分があれば、都市ガス(メタンガス)は、反応式(1)により水素ガスを含む燃料ガスが前処理器 76 により生成される。しかしながら、水分が不足している場合には、蒸気供給ユニット 72 から水分を補充する必要がある。本発明では、都市ガスの供給量は当初押さえられている。これは、再循環経路内に存在する水分に見合う量の都市ガスを供給するためである。こうして、都市ガスは、水素ガスと一酸化炭素ガスを含む燃料ガスに改質されることができる。また、その水素ガスと一酸化炭素ガスが電力発生に使用され、水分が生成される。生成された水分は、都市ガスの改質に使用されるという循環が始まることになる。また、このとき、固体電解質型燃料電池 2 の負荷電流が徐々に増加されている。

20

【0132】

時間 T25 では、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 900 に達する。言い換えれば、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度は 900 に達する時間が T25 である。このときには、上記のように、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力 a_c はすでに所定値に達しており、また、固体電解質型燃料電池 2 内の温度 b も 900 に達するので定格運転が開始される。

【0133】

時間 T25 から時間 T28 の間では、バーナー 78 は、オフされる。図 5(c) を参照して、都市ガスの供給量 a_g は一定に保たれる。差圧調節弁 38 は閉じられたままである。水素ガスと窒素ガスの混合ガス a_e は供給されない。図 5(d) を参照して、圧力調節弁 42 は閉じられたままである。酸素供給量 a_j 一定に保たれる。図 5(e) に示されるように、再循環ブロワ 22 の循環量 a_l も一定に保たれる。

30

【0134】

こうして、都市ガスは前処理器 76 により水素ガスを含む燃料ガスに予備改質されて固体電解質型燃料電池 2 に供給される。固体電解質型燃料電池 2 の内部では、燃料ガスに含まれる改質されていない都市ガス成分(メタンガス)がさらに水素ガスに改質される。燃料ガス中の水素ガス、一酸化炭素ガスとエアーコンプレッサー 98 から供給される酸化剤ガスとに基づいて反応式(2)による反応が進行する。

【0135】

このとき、時間 T26 から時間 T27 の間でホットバンキングが起きたとする。時間 T26 から T27 の間では、図 5(c) に示されるように、都市ガスの供給 a_g は停止される。代わって、水素ガスと窒素ガスの混合ガス a_e が一定量供給される。差圧調節弁 38 は一定の開度 a_d を維持するように制御される。このとき、弁 38 が使用されるときは、弁 86 と 84 との間で切り換えが必要である。また、図 5(d) に示されるように、圧力調節弁 42 は閉じられたままである。供給空気量 a_j は一定のままである。図 5(e) を参照して、制御弁 80 と 128 が開けられ、燃焼ガスが燃焼器 82 に供給される。また、再循環ブロワ 22 は動作を続ける。

40

【0136】

時間 T27 でホットバンキングが終了すると、図 5(c) に示されるように、都市ガスの

50

供給 a g が再開され、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの供給 a e は停止される。また、差圧調節弁 3 8 は、閉じられる。こうして、システム全体として定格運転の状態に戻される。

【 0 1 3 7 】

時間 T 2 8 で、定格運転が終了される。このとき、直ちに電源が切られると、配管内に排燃料ガスと酸化剤ガスが残ったままになってしまう。また、都市ガスが残っていれば、改質が行われないので、都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ることになる。都市ガスがそのまま燃料電池モジュールに入ると炭化水素ガスが熱分解されて炭素が燃料電池モジュールに付着することになる。この炭素は、燃料電池モジュールの効率を低下させることになる。そのため、運転終了時には、配管内の燃料ガスをすべて排気することが必要である。

10

【 0 1 3 8 】

時間 T 2 8 では、図 5 (a) に示されるように、負荷電流 a a は当然減少される。図 5 (c) に示されるように、都市ガス 4 の供給 a g は急激に減少される。代わって、水素ガスと窒素ガスの混合ガス a e は一定量供給される。この供給量は、時間 T 2 0 から T 2 3 の間の供給量とほぼ同じである。また、都市ガスの供給が止まると、差圧調節弁 3 8 は T 2 2 と T 2 3 の期間とほぼ同じ開度を持って開けられる。また、図 5 (d) に示されるように、空気供給量 a j が徐々に減らされるように、制御弁 2 8 が制御され、同時に制御弁 1 2 8 も制御される。また、圧力調節弁 4 2 は閉じられたままである。図 5 (e) を参照して、再循環ブロウ 2 2 の動作は定格運転の時と同じである。また、制御弁 8 0 が開けられる。

20

【 0 1 3 9 】

こうして、固体電解質型燃料電池 2 の内部温度が 7 0 0 以下となると、時間 T 2 9 で、降圧プロセスが始まる。図 5 (c) に示されるように、水素ガスと窒素ガスの混合ガスの流量 a e は一定のままである。同時に差圧調節弁 3 8 の開度 a d は所定の開度に向かって増加される。また、図 5 (d) を参照して、圧力調節弁 4 2 の開度 a i も所定の開度に向かって増加される。こうして、燃料ガスと酸化剤ガスは排出され、固体電解質型燃料電池 2 内の圧力が下がる。最終的に、固体電解質型燃料電池 2 の温度 b が常温近くに帰り、また、内部圧力 c が大気圧に戻ったとき (時間 T 3 0) 、システムの運転は終了される。この結果、混合ガス a e の供給は停止される。制御弁 8 0 も閉じられる。

30

【 0 1 4 0 】

【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明の固体電解質型燃料電池システムによれば、安定に電力を取り出すことができる。また、起動時に水蒸気を供給する必要が無く、ボイラーなどの付帯設備を設ける必要がない。更に、起動時及び停止時に炭素による燃料電池モジュールの汚染を防止することができる。

【 0 1 4 1 】

また、最小限のシステム構成でガスタービンを用いて燃料ガスを有効に利用することにより発電効率を高めることができる。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 図 1 】 図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態による 1 0 K W 級固体電解質型燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの第 1 の動作例を示すタイミング図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの第 2 の動作例を示すタイミング図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態による 1 0 0 K W 級固体電解質型燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

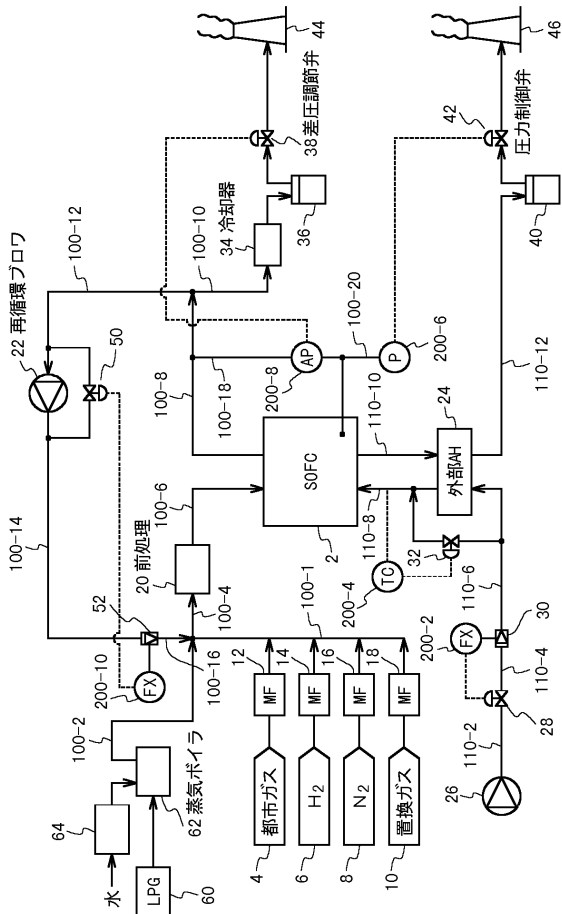
【 図 5 】 図 5 は、本発明の第 2 の実施の形態による固体電解質型燃料電池システムの動作例を示すタイミング図である。

50

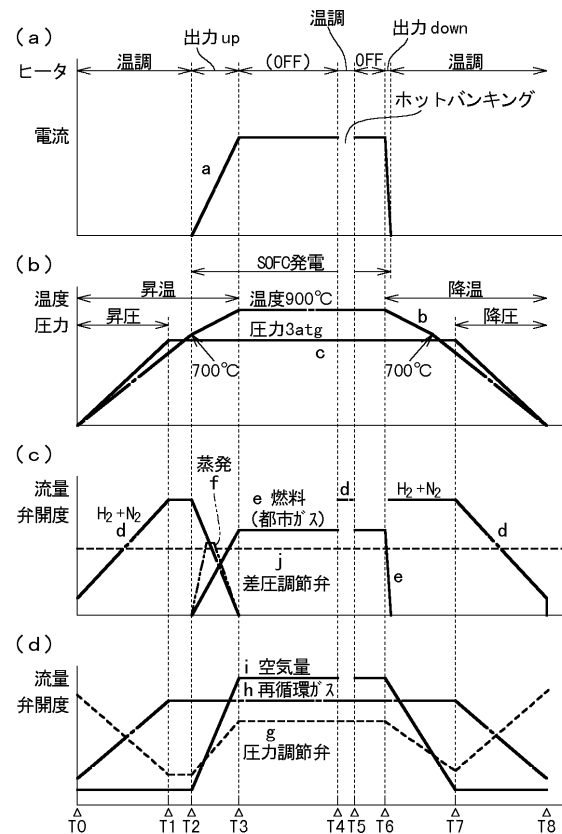
【符号の説明】

- 2 : 固体電解質型燃料電池
- 4 : 都市ガス
- 6 : 水素ガス
- 8 : 窒素ガス
- 20 : 前処理器
- 22 : 再循環プロワ
- 24、94 : 外部熱交換器
- 26 : エアコンプレッサー
- 82 : 燃焼器
- 88 : ガスタービン
- 92 : 温水ボイラ

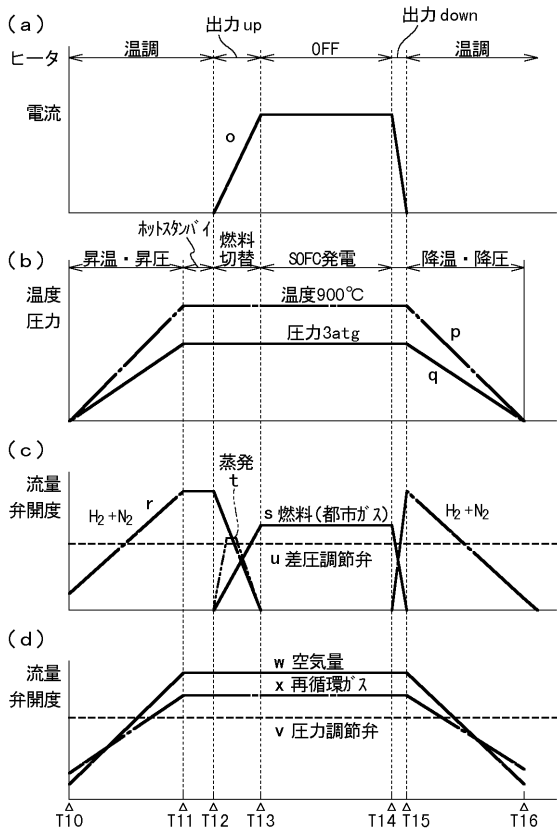
【図1】



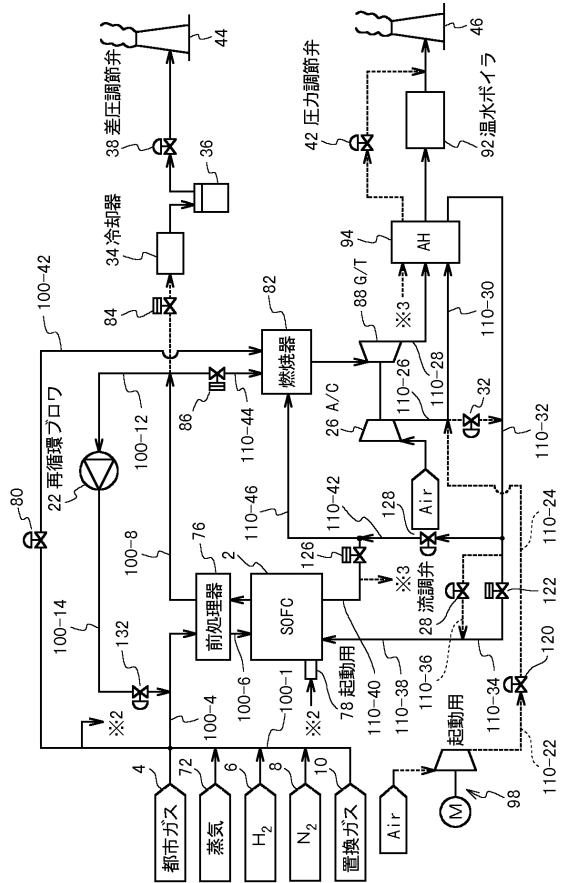
【図2】



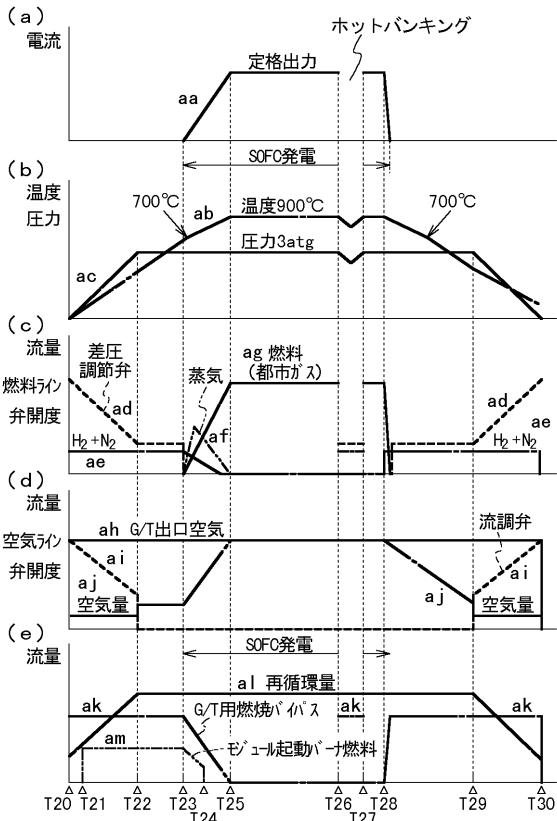
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (72)発明者 永田 勝巳
長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎造船所内
- (72)発明者 小阪 健一郎
長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内
- (72)発明者 山下 晃弘
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三菱重工業株式会社内

審査官 日比谷 洋平

- (56)参考文献 特開平09-237635(JP,A)
特開2000-331700(JP,A)
特開平08-183603(JP,A)
特開平04-026070(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 8/04 - 8/06
H01M 8/00