

(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2005-174745  
(P2005-174745A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04	HO 1 M 8/04	4 G 1 4 O
CO 1 B 3/38	HO 1 M 8/04	5 HO 2 7
HO 1 M 8/06	HO 1 M 8/04	
	CO 1 B 3/38	
	HO 1 M 8/06	G
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)		

(21) 出願番号	特願2003-413324 (P2003-413324)	(71) 出願人	500561595
(22) 出願日	平成15年12月11日 (2003.12.11)		荏原バロード株式会社
			東京都大田区羽田旭町 1 1 - 1
		(74) 代理人	100097320
			弁理士 宮川 貞二
		(74) 代理人	100123892
			弁理士 内藤 忠雄
		(74) 代理人	100096611
			弁理士 宮川 清
		(74) 代理人	100098040
			弁理士 松村 博之
		(74) 代理人	100097744
			弁理士 東野 博文
		(74) 代理人	100100398
			弁理士 柴田 茂夫
		最終頁に続く	

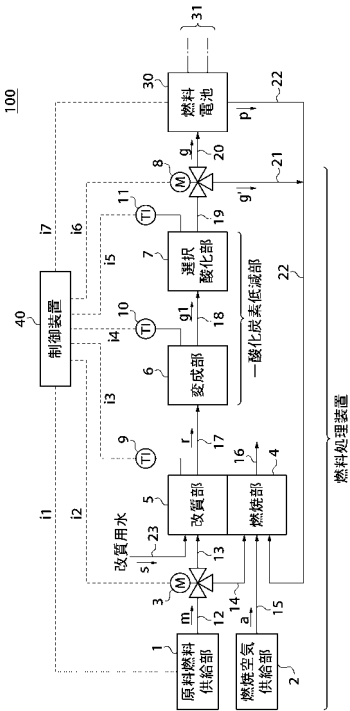
(54) 【発明の名称】 燃料電池システムの運転方法及び燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】アシスト燃焼系を備えることなくシステム構成が簡単な燃料電池システムと、その起動及び運転制御方法を提供し、信頼性の高い安定運転ができる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】原料燃料mを改質して改質ガスrを生成する改質部5と、原料燃料を燃焼して改質部を加熱する燃焼部4と、改質ガス中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスgを生成する一酸化炭素低減部6、7と、一酸化炭素低減ガスを燃料ガスとする燃料電池30とを備える燃料電池システムにおいて、原料燃料を燃焼部に供給して改質部を所定の温度に加熱し、続いて、原料燃料の燃焼部への供給を停止し、原料燃料を改質部に供給して改質ガスを生成し、改質ガスを一酸化炭素低減部に導入して一酸化炭素低減部を加熱し、続いて、一酸化炭素低減部で生成した一酸化炭素低減ガスを燃料電池に導入して発電する。

【選択図】 図 1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原料燃料を改質して改質ガスを生成する改質部と、前記原料燃料を燃焼して前記改質部を加熱する燃焼部と、前記改質ガス中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスを生成する一酸化炭素低減部と、前記一酸化炭素低減ガスを燃料ガスとする燃料電池とを備える燃料電池システムの運転方法であって；

前記原料燃料を前記燃焼部に供給して前記改質部を所定の温度に加熱する第 1 の予熱工程と；

前記第 1 の予熱工程に続いて、前記原料燃料の燃焼部への供給を停止し、前記原料燃料を前記改質部に供給して改質ガスを生成し、前記改質ガスを前記一酸化炭素低減部に導入して前記一酸化炭素低減部を加熱する第 2 の予熱工程と； 10

前記第 2 の予熱工程の後に、前記一酸化炭素低減部で生成した一酸化炭素低減ガスを前記燃料電池に導入して発電する発電工程とを備える；

燃料電池システムの運転方法。

**【請求項 2】**

前記一酸化炭素低減部の温度が所定の温度以上となったときに、前記第 2 の予熱工程から前記発電工程へ移行する；

請求項 1 に記載の燃料電池システムの運転方法。

**【請求項 3】**

原料燃料を供給する原料燃料供給部と、前記原料燃料を改質して改質ガスを生成する改質部と、前記改質ガス中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスを生成する一酸化炭素低減部と、前記一酸化炭素低減ガスを燃料ガスとする燃料電池と、前記燃料電池のオフガスを燃焼して前記改質部を加熱する燃焼部とを備える燃料電池システムの運転方法であって； 20

前記改質部の温度を検知し、検知された温度を所定の第 1 の温度及び所定の第 2 の温度と比較する改質部温度比較工程と；

前記改質部温度比較工程における前記検知された温度が前記第 1 の温度以下のときに前記燃料電池において発電電流を低減する工程であって、前記発電電流を低減した後所定の時間は発電電流を保持する電流低減工程と；

前記改質部温度比較工程における前記検知された温度が前記第 2 の温度以上のときに、前記燃料電池において発電電流を増大する工程であって、前記発電電流を増大した後所定の時間は発電電流を保持する電流増大工程とを備える； 30

燃料電池システムの運転方法。

**【請求項 4】**

前記電流低減工程の連続実施回数が所定回数に達したときに、前記原料燃料供給部からの原料燃料の供給量を増加する燃料増大工程と；

前記電流増大工程の連続実施回数が所定回数に達したときに、前記原料燃料供給部からの原料燃料の供給量を減少する燃料減少工程とを備える；

請求項 3 に記載の燃料電池システムの運転方法。

**【請求項 5】**

原料燃料を供給する原料燃料供給部と；

前記原料燃料を改質して改質ガスを生成する改質部と；

前記改質ガス中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスを生成する一酸化炭素低減部と；

前記一酸化炭素低減ガスを燃料ガスとする燃料電池と；

前記原料燃料、前記一酸化炭素低減ガスまたは前記燃料電池のオフガスを燃焼して前記改質部を加熱する燃焼部と；

前記原料燃料を前記燃焼部に供給する流路と；

前記原料燃料を前記改質部に供給する流路と；

前記一酸化炭素低減ガスを前記燃料電池に供給する流路と； 40

前記一酸化炭素低減ガスを前記燃焼部に供給する流路と；  
前記燃料電池のオフガスを前記燃焼部に供給する流路と；  
前記原料燃料を前記燃焼部に供給する流路と前記改質部に供給する流路とを切り替える第１の流路切替手段と；  
前記一酸化炭素低減ガスを前記燃料電池に供給する流路と前記燃焼部に供給する流路とを切り替える第２の流路切替手段とを備える；  
燃料電池システム。

【請求項６】

前記改質部の温度を検知する改質部温度検知器と；  
前記一酸化炭素低減部の温度を検知する一酸化炭素低減部温度検知器と；  
前記改質部温度検知器で検知された温度と比較される第１、第２及び第３の温度並びに前記一酸化炭素低減部温度検知器で検知された温度と比較される第４の温度を記憶する記憶部と、  
起動時に、前記原料燃料を前記燃焼部に供給して前記改質部温度検知器で検知された温度が第３の温度以上となると、前記原料燃料の燃焼部への供給を停止し、前記原料燃料を前記改質部に供給して改質ガスを生成し、前記改質ガスを前記一酸化炭素低減部に導入して前記一酸化炭素低減部を加熱し、また、前記一酸化炭素低減部温度検知器で検知された温度が第４の温度以上となると、前記一酸化炭素低減部で生成される一酸化炭素ガスを前記燃料電池に導入し発電を開始する制御を行い、  
通常運転時に、前記改質部温度検知器で検知された温度が前記第１の温度以下のときに前記燃料電池において発電電流を低減するが、前記発電電流を低減した後所定の時間は発電電流を保持し、また、前記改質部温度検知器で検知された温度が前記第２の温度以上のときに、前記燃料電池において発電電流を増大するが、前記発電電流を増大した後所定の時間は発電電流を保持し、且つ、連続して発電電流を低減あるいは増大した回数が所定の回数に達すると前記原料燃料部から供給する原料燃料の供給量を増加あるいは減少する制御を行う制御部とを有する制御装置とを備える；  
請求項５に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、燃料電池システムに関し、特に、燃料電池システムの起動及び制御方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

都市ガス、ＬＰＧ、消化ガス、メタノール、ＧＴＬや灯油のような原料燃料を改質して水素に富む燃料ガスを生成し、燃料電池のアノード極（燃料極）に供給すると共に、空気等の酸素を含む酸化剤ガスを燃料電池の空気極に供給して電気化学的反応により発電する燃料電池発電システムにおいて、システムは安定的に運転されることが要求される。そこで、外乱に対しても安定的に運転されるためのシステム構成の構築が必要となるが、安定運転を保証するためのシステム構成が複雑になれば、外乱要因が却って増加し、システム全体の信頼性や経済性の低下を招来する結果にもなりかねない。

【０００３】

また、原料燃料を改質する改質装置では、改質反応が吸熱反応であるため、装置を所定の温度に加熱する必要がある。従来の燃料電池発電システムでは、原料燃料を補助燃料として改質装置の燃焼部に供給するいわゆるアシスト燃焼の手段を備え、原料燃料流量計の指示誤差等の外乱による改質部温度等の変動に対してアシスト燃焼の燃焼量を増減することにより燃焼部および改質部の温度を所定の温度に維持し、燃料電池発電システムの運転を安定させていた。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

しかしながら、アシスト燃焼を行うにはアシスト燃料供給部等が必要になるので、システムの構成が複雑になり消費電力も増加するという課題があった。また、家庭用燃料電池発電システムのような1～数kWの小規模発電システムの場合、アシスト燃焼の燃焼量が少ないので、とりわけ原料燃料が液体燃料のときに極めて微小な流量を定量的且つ正確に送出できる高度のアシスト燃料供給手段が求められていた。また、微少な流量を正確に定量的に送れない場合には、逆にアシスト燃焼自体が外乱要因になるという外乱要因を増加することにもなっていた。更に、原料燃料を燃焼するアシスト燃焼はとりわけ原料燃料が液体燃料の場合NO<sub>x</sub>や煤を発生し易く、環境性の面でも好ましくないものであった。

そこで、本発明は、アシスト燃焼系を備えることなくシステム構成が簡単な燃料電池システムと、その起動及び運転制御方法を提供し、信頼性の高い安定運転できる燃料電池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】

## 【 0 0 0 5 】

上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明に係る燃料電池システムの運転方法では、例えば図1及び図2に示すように、原料燃料mを改質して改質ガスrを生成する改質部5と、原料燃料mを燃焼して改質部5を加熱する燃焼部4と、改質ガスr中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスgを生成する一酸化炭素低減部6、7と、一酸化炭素低減ガスgを燃料ガスとする燃料電池30とを備える燃料電池システム100の運転方法であって、原料燃料mを燃焼部4に供給して改質部5を所定の温度に加熱する第1の予熱工程（ステップST2）と、第1の予熱工程（ステップST2）に続いて、原料燃料mの燃焼部4への供給を停止（ステップST4）し、原料燃料mを改質部5に供給して改質ガスrを生成し、改質ガスrを一酸化炭素低減部6、7に導入して一酸化炭素低減部6、7を加熱する第2の予熱工程（ステップST6）と、第2の予熱工程（ステップST6）の後に、一酸化炭素低減部6、7で生成した一酸化炭素低減ガスgを燃料電池30に導入して発電する発電工程（ステップST10）とを備える。

## 【 0 0 0 6 】

このように構成すると、アシスト燃焼系を備えなくても、原料燃料を燃焼部に供給して改質部を加熱し、加熱された改質部の蓄熱により原料燃料を改質部に供給して改質ガスを生成し、改質ガスにより一酸化炭素低減部を加熱し、一酸化炭素低減ガスを生成して発電を開始することで、燃料電池システムを起動することができる。また、アシスト燃焼系を有さず、原料燃料を燃焼部に供給して直接に燃焼するのが第1の予熱工程だけであるので、原料燃料を燃焼する時間が短く、原料燃料を燃焼したときに発生するNO<sub>x</sub>や煤の発生量が少なくなり、環境性の高い燃料電池システムの運転方法となる。

## 【 0 0 0 7 】

また、請求項2に記載の発明に係る燃料電池システムの運転方法は、例えば図1及び図2に示すように、請求項1に記載の燃料電池システム100の運転方法において、一酸化炭素低減部6、7の温度が所定の温度以上となったとき（ステップST7）に、第2の予熱工程（ステップST6）から発電工程（ステップST10）へ移行する。

## 【 0 0 0 8 】

このように構成すると、一酸化炭素低減部が所定の温度まで予熱され、改質ガスから一酸化炭素を除去する状態になってから生成された一酸化炭素低減ガスを燃料電池に供給するので、一酸化炭素の存在のために燃料電池の発電効率が低下することがない。

## 【 0 0 0 9 】

前記の目的を達成するために、請求項3に記載の発明に係る燃料電池システムの運転方法は、例えば、図1及び図3に示すように、原料燃料mを供給する原料燃料供給部1と、原料燃料mを改質して改質ガスrを生成する改質部5と、改質ガスr中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガスgを生成する一酸化炭素低減部6、7と、一酸化炭素低減ガスgを燃料ガスとする燃料電池30と、燃料電池30のオフガスpを燃焼して改質部5を加熱する燃焼部4とを備える燃料電池システム100の運転方法であって、改質部5の温度

10

20

30

40

50

を検知し、検知された温度  $T_a$  を所定の第 1 の温度  $A_1$  及び所定の第 2 の温度  $A_2$  と比較する改質部温度比較工程（ステップ  $ST_{11}$ 、 $ST_{12}$ ）と、改質部比較工程（ステップ  $ST_{11}$ ）における検知された温度  $T_a$  が前記第 1 の温度  $A_1$  以下のときに燃料電池 30 において発電電流を低減する工程（ステップ  $ST_{22}$ ）であって、発電電流を低減した後所定の時間  $t_1$  は発電電流を保持（ステップ  $ST_{23}$ ）する電流低減工程と、改質部比較工程（ステップ  $ST_{12}$ ）における検知された温度  $T_a$  が第 2 の温度  $A_2$  以上のときに、燃料電池 30 において発電電流を増大する工程（ステップ  $ST_{32}$ ）であって、発電電流を増大した後所定の時間  $t_2$  は発電電流を保持（ステップ  $ST_{33}$ ）する電流増大工程とを備える。

#### 【0010】

10

このように構成すると、改質部の温度が所定の第 1 の温度以下となった場合に、燃料電池での発電電流を低減し、その結果燃料電池のオフガス中の水素含有量が増加し、燃焼部の燃焼発熱量が多くなり、改質部がより加熱され温度が上昇する。また、改質部の温度が所定の第 2 の温度以上となった場合に、燃料電池での発電電流を増大し、その結果燃料電池のオフガス中の水素含有量が減少し、燃焼部の燃焼発熱量が少なくなり、改質部の温度が低下する。更に、発電電流を低減しあるいは増大した後は、所定の時間更なる発電電流の変動を行わないため、システムが不安定になることが防止される。

#### 【0011】

また、請求項 4 に記載の発明に係る燃料電池システムの運転方法は、例えば図 3 に示すように、請求項 3 に記載の燃料電池システム 100 の運転方法において、電流低減工程の連続実施回数  $N_1$  が所定回数  $n_1$  に達したときに、原料燃料供給部 1 からの原料燃料  $m$  の供給量を増加する燃料増大工程（ステップ  $ST_{26}$ ）と、電流増大工程の連続実施回数  $N_2$  が所定回数  $n_2$  に達したときに、原料燃料供給部 1 からの原料燃料  $m$  の供給量を減少する燃料減少工程（ステップ  $ST_{36}$ ）とを備える。

20

#### 【0012】

このように構成すると、燃料電池での発電電流の所定積分量（1 回当たりの増減量の  $n_1$ 、 $n_2$  倍）の低減あるいは増大だけでは改質部の温度が所定の温度とならない場合に、発電電流の所定積分量に相当する分の原料燃料を増加しあるいは減少することにより、改質部の温度が所定の温度となり、システムとして一定の発電電流範囲、すなわち一定の発電量の範囲において安定した運転がなされる。

30

#### 【0013】

また、前記の目的を達成するために、請求項 5 に記載の発明に係る燃料電池システムは、例えば図 1 に示すように、原料燃料  $m$  を供給する原料燃料供給部 1 と、原料燃料  $m$  を改質して改質ガス  $r$  を生成する改質部 5 と、改質ガス  $r$  中の一酸化炭素を低減して一酸化炭素低減ガス  $g$  を生成する一酸化炭素低減部 6、7 と、一酸化炭素低減ガス  $g$  を燃料ガスとする燃料電池 30 と、原料燃料  $m$ 、一酸化炭素低減ガス  $g$  または燃料電池のオフガス  $p$  を燃焼して改質部 5 を加熱する燃焼部 4 と、原料燃料  $m$  を燃焼部 4 に供給する流路 12、14 と、原料燃料  $m$  を改質部 5 に供給する流路 12、13 と、一酸化炭素低減ガス  $g$  を燃料電池 30 に供給する流路 19、20 と、一酸化炭素低減ガス  $g$  を燃焼部 4 に供給する流路 21、22 と、燃料電池 30 のオフガス  $p$  を燃焼部 4 に供給する流路 22 と、原料燃料  $m$  を燃焼部 4 に供給する流路 14 と改質部 5 に供給する流路 13 とを切り替える第 1 の流路切替手段 3 と、一酸化炭素低減ガス  $g$  を燃料電池 30 に供給する流路 20 と燃焼部 4 に供給する流路 21 とを切り替える第 2 の流路切替手段 8 とを備える。

40

#### 【0014】

このように構成すると、原料燃料を燃焼部に供給して改質部を所定の温度に加熱し、第 1 の流路切替手段により流路を切り替えて、原料燃料を改質部に供給して改質ガスを生成することができる。第 1 の流路切替手段を切り替えた際に、一酸化炭素低減ガスが燃焼部に供給されるまでの間燃焼部への燃料供給が途絶えるので、一旦燃焼部が失火し改質部への熱の供給が止まるが、改質部の温度が改質反応に必要な最低温度以下に下がらないように切替時の改質部の所定の温度を設定し、また、燃料供給が途絶える時間が短くなるよう

50

に構成されているので、改質反応は継続される。また、改質ガスを一酸化炭素低減部に導入して一酸化炭素低減部を加熱し、一酸化炭素低減部の温度が十分に上昇する前のガスは燃焼部に供給し、十分に上昇した後に第2の流路切替手段を切り替えて、一酸化炭素低減ガスを燃料電池に導入して発電する燃料電池システムとなる。また、第2の流路切替手段を切り替えた際に、燃料電池のオフガスが燃焼部に供給されるまでの間燃焼部への燃料供給が途絶えるので、一旦燃焼部が失火し改質部への熱の供給が止まるが、改質部の温度が改質反応に必要な最低温度以下に下がらないように切替時の改質部の所定の温度を設定し、また、燃料供給が途絶える時間が短くなるように構成されているので、改質反応は継続される。更に、アシスト燃焼系を有さず、原料燃料を燃焼部に供給して直接に燃焼するのが第1の予熱工程だけであるので、原料燃料を燃焼する時間が短く、原料燃料を燃焼したときに発生する $\text{NO}_x$ や煤の発生量が少なくなり、環境性の高い燃料電池システムとなる

10

#### 【0015】

更に、請求項6に記載の発明に係る燃料電池システムは、例えば図1に示すように、請求項5に記載の燃料電池システム100において、改質部5の温度を検知する改質部温度検知器9と、一酸化炭素低減部6、7の温度を検知する一酸化炭素低減部温度検知器10、11と、改質部温度検知器9で検知された温度と比較される第1、第2及び第3の温度並びに一酸化炭素低減部温度検知器10、11で検知された温度と比較される第4の温度を記憶する記憶部と、起動時に、原料燃料mを燃焼部4に供給して改質部温度検知器9で検知された温度が第3の温度以上となると、原料燃料mの燃焼部4への供給を停止し、原料燃料mを改質部5に供給して改質ガスrを生成し、改質ガスrを一酸化炭素低減部6、7に導入して一酸化炭素低減部6、7を加熱し、また、一酸化炭素低減部温度検知器10、11で検知された温度が第4の温度以上となると、一酸化炭素低減部6、7で生成される一酸化炭素ガスgを燃料電池30に導入し発電を開始する制御を行い、通常運転時に、改質部温度検知器9で検知された温度が第1の温度以下のときに燃料電池30において発電電流を低減するが、発電電流を低減した後所定の時間は発電電流を保持し、また、改質部温度検知器9で検知された温度が第2の温度以上のときに、燃料電池30において発電電流を増大するが、発電電流を増大した後所定の時間は発電電流を保持し、且つ、連続して発電電流を低減あるいは増大した回数が所定の回数に達すると原料燃料部1から供給する原料燃料mの供給量を増加あるいは減少する制御を行う制御部とを有する制御装置40とを備える。

20

30

#### 【0016】

このように構成すると、起動時に、原料燃料を燃焼部に供給して改質部を加熱し、改質部が所定の第3の温度以上となると、第1の流路切替手段を切り替えて、原料燃料を改質部に供給し改質ガスを生成し、改質ガスを導入して一酸化炭素低減部を加熱し、一酸化炭素低減部が所定の第4の温度以上になると一酸化炭素低減ガスを燃料電池に導入して発電を開始する運転が制御装置により実現される燃料電池発電システムとなる。また、通常運転時に、改質部の温度が所定の第1の温度以下となったときに、燃料電池での発電電流を低減して改質部の温度を上昇させ、改質部の温度が所定の第2の温度以上となったときに、燃料電池での発電電流を増大して改質部の温度を低下させ、所定連続回数の発電電流の低減あるいは増大により改質部の温度が所定の温度とならない場合には原料燃料の供給量を増加しあるいは減少する運転が制御装置により実現される燃料電池システムとなる。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明によれば、アシスト燃焼系を備えることなく、システムの起動を行うことができ、また、外乱に対しても安定した運転が行われる、システム構成が簡単で、信頼性並びに環境性の高い燃料電池発電システムの運転方法並びに燃料電池発電システムが提供される。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0018】

50

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。なお、各図において、互いに同一又は相当する装置には同一符号を付し、重複した説明は省略する。なお、図 1 中、破線は制御信号を表す。

#### 【0019】

図 1 は、本発明の実施の形態である燃料電池発電システム 100 を説明するブロック図である。燃料電池発電システム 100 は、都市ガス、灯油などの原料燃料 m を供給する原料燃料供給部 1 と、原料燃料 m を燃焼するための燃焼空気 a を供給する燃焼空気供給部 2 と、原料燃料 m を改質して水素に富む改質ガス r を生成する改質部 5 と、改質部 5 を加熱する燃焼部 4 と、改質ガス r の変成反応を行う一酸化炭素低減部の前段部としての変成部 6 と、変成反応した改質ガス g 1 の一酸化炭素選択酸化反応を行う一酸化炭素低減部の後段部としての選択酸化部 7 と、一酸化炭素低減ガスとしての水素に富むガス g を燃料ガスとして発電を行う燃料電池 30 とを備える。また、燃料電池発電システム 100 は、燃料供給部 1 から供給される原料燃料 m を改質部 5 に供給する流路 13 と燃焼部 4 に供給する流路 14 との切替を行う第 1 の流路切替手段としての三方弁 3 と、選択酸化部 7 から導出されるガスを燃料ガス g として燃料電池 30 に供給する流路 20 と燃焼用ガス g' として燃焼部 4 に供給する流路 21 とを切り替える第 2 の流路切替手段としての三方弁 8 とを備える。また、燃料電池発電システム 100 は、改質部 5 の温度を検知する改質部温度検知器 9 と、変成部 6 の温度を検知する変成部温度検知器 10 と、選択酸化部 7 の温度を検知する選択酸化部温度検知器 11 と、これらの温度に基づいて原料燃料供給部 1 からの原料燃料供給量と三方弁 3、8 の作動とを制御する制御装置 40 とを備える。

10

20

#### 【0020】

原料燃料供給部 1 から三方弁 3 に配管 12 が敷設され、三方弁 3 で改質部 5 に接続する配管 13 と燃焼部 4 に接続する配管 14 とに分岐する。また、燃焼空気供給部 2 から燃焼部 4 に配管 15 が敷設される。燃焼部 4 には、燃焼した後の排ガスを放出するための配管 16 が接続される。改質部 5 には、改質反応に用いられる水分である改質用水 s を供給する配管 23 も接続される。改質部 5 と変成部 6 との間には配管 17 が、変成部 6 と選択酸化部 7 との間には配管 18 が敷設される。選択酸化部 7 に接続された配管 19 は三方弁 8 に接続し、三方弁 8 からは燃料電池 30 に至る配管 20 と配管 22 に至る配管 21 とが敷設される。配管 22 は、燃料電池 30 と燃焼部 4 との間に敷設される。

#### 【0021】

原料燃料供給部 1 は、都市ガス、LPG、消化ガス、メタノール、GTL や灯油のような原料燃料 m を定量的に供給する装置である。原料燃料 m を貯蔵するタンクを備えていてもよいし、原料燃料 m を系外から導入してもよい。都市ガスや LPG のように供給元の気体の圧力が高く維持されている場合には、流量調節弁を備える。供給元の圧力が低い場合には、プロワを備え、原料燃料を燃料電池発電システム 100 内へ供給するための圧力を確保する。また、GTL や灯油のように原料燃料 m が液体の場合には、定量ポンプを備えてもよいし、流量調節機能を有さないポンプと流量調節弁とを備えてもよい。原料燃料供給部 1 は、制御装置 40 からの指示信号 i1 により、その原料燃料供給量を増減させる。

30

#### 【0022】

燃焼空気供給部 2 は、燃焼部での燃焼で消費される酸素を供給する装置である。プロワにより大気を燃焼空気 a として送り込む構成でよく、大気中の浮遊物の混入を防止するためのフィルターを有するのが好適である。また、燃焼空気 a の供給量を調整するための流量調整弁を有するのが好適である。燃料電池発電システム 100 では、配管 15 を介して燃焼部 4 と接続されているが、燃焼部 4 に直接接続されていてもよい。

40

#### 【0023】

改質部 5 は、原料燃料 m と改質用水 s から改質反応により水素に富む改質ガス r を生成する装置である。改質反応は、高温下において改質触媒（不図示）により原料燃料 m 中の炭化水素と水分とから、水素と二酸化炭素、一酸化炭素を生成する反応である。改質反応は、吸熱反応であり、改質反応のために外部より熱を供給する必要がある。改質触媒は、

50

改質反応を促進するものであれば何でもよく、例えばニッケルNi系改質触媒やルテニウムRu系改質触媒などが用いられる。改質部5は、改質触媒を収容した円筒形の容器とするのが、強度的にも製造上も好適である。ただし、高温に保つために、その内部に、後述する燃焼部4が配置されていてもよい。

#### 【0024】

燃焼部4は、原料燃料m、一酸化炭素が十分に減じられずに選択酸化部7から送出される燃焼用ガスg'あるいは燃料電池30のアノード極のオフガスであるアノードオフガスpを、燃焼空気aと共に燃焼させて、改質部5を加熱する装置である。原料燃料mが灯油などの液体であるときに備え、好適には気化器を有している。灯油、都市ガス、LPGなどの原料燃料m、選択酸化部7から送出される燃焼用ガスg'あるいは燃料電池30のアノードオフガスpと多種の燃料に対応できるバーナーノズルを有している。あるいはそれぞれ異なるバーナーノズルを有していてもよい。改質部5を加熱する装置であるので、改質部5と一体で形成されることが好ましく、改質部5の中央に配置され、燃焼部4で燃焼することにより周囲の改質部5を加熱する構成としてもよいし、燃焼部4で燃焼した高温ガスが改質部の周囲に流れ改質部5を加熱する構成としてもよく、改質部5を加熱すればどのような構成であってもよい。

10

#### 【0025】

変成部6は、変成触媒（不図示）の下で改質ガスr中の一酸化炭素を改質ガスr中の水分との変成反応により二酸化炭素と水素を生成する装置である。変成反応は、発熱反応であり、反応温度を低くすれば、変成後の一酸化炭素濃度が低くなるが、反応速度は遅くなる。変成触媒としては、鉄Fe-クロムCr系高温変成触媒、プラチナPt系中高温変成触媒、銅Cu-亜鉛Zn系低温変成触媒などが用いられる。変成部6は、これらの触媒を収容した容器であり、典型的には円筒形をしている。

20

#### 【0026】

選択酸化部7は、選択酸化触媒（不図示）の下で改質ガスr中の一酸化炭素を、外部より供給される空気（不図示）中の酸素により選択酸化させ、燃料ガスg中の一酸化炭素濃度を低減する供給するための装置である。燃料電池30として、例えば固体高分子形燃料電池を用いると、燃料ガスg中の一酸化炭素により、アノード極（燃料極）のプラチナPt触媒が被毒し、発電効率の低下が起こるという問題がある。そこで、一酸化炭素に対する選択酸化性が高い選択酸化触媒を用いて、一酸化炭素を二酸化炭素に酸化する。選択酸化触媒としては、例えば、プラチナPt系選択酸化触媒、ルテニウムRu系選択酸化触媒などが用いられる。燃料電池システム100では、変成部6と選択酸化部7とを備え、一酸化炭素を低減しているが、いずれか一つの装置だけを備える構成としても、一酸化炭素濃度が低減されればよい。ただし、変成部6と選択酸化部7とを備えることにより、変成部6で、一酸化炭素濃度が低減させられると共に、燃料としての水素濃度が高められ、更に、選択酸化部7で一酸化炭素濃度が十分に低下させられるので、好適である。

30

#### 【0027】

燃料電池30は、水素に富む燃料ガスgを燃料ガスとしてアノード極（不図示）に導入し、空気などの酸化剤ガスをカソード極（不図示）に導入して発電を行う装置で、例えば固形高分子形燃料電池が好適に用いられるが、他の形の燃料電池であってもよい。アノード極に導入された燃料ガスg中の水素は、カソード極の酸化剤ガス中の酸素と反応して、水蒸気となるが、水素が総て消費されることはなく、残留水素を含むアノードオフガスpを排出する。アノードオフガスp中に含まれる水素量は、燃料ガスg中に含まれる水素から、燃料電池30で発電に消費された水素を減じたものであるから、発電電流が低減するときには、アノードオフガスp中の水素量が増加する。燃料電池30で発電された電力は、電力ケーブル31を通じて、外部の電気需要（不図示）に供給される。燃料電池30は、制御装置からの制御信号i7により、その発電電流量を増減させる。

40

#### 【0028】

改質部5、変成部6および選択酸化部7には、それぞれ内部の温度を検知する改質部温度検知器9、変成部温度検知器10および選択酸化部温度検知器11が備えられている。

50



これらの温度検知器 9、10、11からは、検知した温度の信号を制御装置 40 に伝達する信号ケーブルが配線され、改質部温度信号 i 3、変成部温度信号 i 4 および選択酸化部温度信号 i 5 を制御装置に伝達する。

#### 【0029】

制御装置 40 は、改質部温度信号 i 3、変成部温度信号 i 4 および選択酸化部温度信号 i 5 に基き、三方弁 3 及び三方弁 8 の作動、燃料電池 30 での発電電流量並びに原料燃料供給部 1 からの原料燃料の供給量を制御する。制御装置 40 は、上記の制御を行うための第 3 の温度としての改質部運転開始温度 A (図 2 参照)、第 4 の温度としての変成部運転開始温度 B (図 2 参照) および同じく第 4 の温度としての選択酸化部運転開始温度 C (図 2 参照) 並びに第 1 の温度としての改質部限界低温温度 A 1 (図 3 参照) および第 2 の温度としての改質部限界高温温度 A 2 (図 3 参照) を記憶する記憶部 (不図示) と、改質部温度検知器 9、変成部温度検知器 10 および選択酸化部温度検知器 11 にて検知した温度から、三方弁 3、8、燃料電池 30 での発電電流量および原料燃料供給部 1 から供給される原料燃料 m の量を制御する制御部 (不図示) とを備える。なお、本実施の形態である燃料電池発電システム 100 では、一酸化炭素低減部として変成部 6 と選択酸化部 7 とを備えるので、第 4 の温度が変成部運転開始温度 B (図 2 参照) と選択酸化部運転開始温度 C (図 2 参照) との 2 つとなる。この場合には、変成部 6 の温度 T b (図 2 参照) が変成部運転開始温度 B (図 2 参照) 以上と、選択酸化部 7 の温度 T c (図 2 参照) が選択酸化部運転開始温度 C (図 2 参照) 以上となること、一酸化炭素低減部 (変成部 6 と選択酸化部 7) の温度が所定温度 (変成部運転開始温度 B と選択酸化部運転開始温度 C) 以上になった状態ということになる。

#### 【0030】

三方弁 3、8 は、一つの入口部と二つの出口部を有する流路切替手段としての弁である。三方弁 3 は、原料燃料供給部 1 から供給される原料燃料 m を燃焼部 4 と改質部 5 とに切り替えて供給する。三方弁 8 は、選択酸化部 7 から送出されるガスを燃料ガス g として燃料電池 30 に供給し、あるいは、燃焼用ガス g' として燃焼部 4 に供給する切り替えを行う。これらの切替部は、三方弁ではなく、分岐管と仕切弁との組合せで構成してもよいが、三方弁とすると、場所をとらず燃料電池システム 100 を小型化することができる。三方弁 3、8 は、ソレノイドあるいはモータ駆動により作動する構成とし、制御装置 40 からの制御信号 i 2、i 6 に従い作動する。

#### 【0031】

なお、燃料電池発電システム 100 では、原料燃料供給部 1、燃焼空気供給部 2、改質部 5、燃焼部 4、変成部 6、選択酸化部 7 および三方弁 3、8 はそれぞれ別の装置で、その間を配管 12 ~ 19 で接続しているが、これらの装置の総てあるいは一部を燃料処理装置として一体で構成してもよい。それぞれ別の装置で構成すると、装置ごとにメンテナンスを行い、あるいは取り替えることができるので、使い勝手のよいシステムとなる。また、一体の装置とすると、コンパクトなシステムとすることができる。

#### 【0032】

続いて、図 2 のフロー図を参照して、図 1 の燃料電池発電システム 100 の起動運転について説明する。まず、原料燃料供給部 1 から原料燃料 m の供給を開始する。そのときには、三方弁 3 は、燃焼部 4 に原料燃料 m を供給する状態となっており、原料燃料 m は、配管 12、三方弁 3、配管 14 を通って、燃焼部 4 に供給される。同時に、燃焼空気供給部 2 から燃焼部 4 に燃焼空気 a を供給する。そこで、燃焼部 4 では、バーナーノズルから噴出する原料燃料 m が着火し、燃焼を開始する (ステップ S T 1)。

#### 【0033】

燃焼部 4 での燃焼熱により改質部 5 が加熱され、改質部 5 は昇温する (ステップ S T 2)。これが第 1 の予熱工程に該当する。改質部温度検知器 9 で検知された温度の信号 i 3 から、制御装置 40 では、改質部 5 の温度 T a が所定の第 3 の温度 A 以上に達しているかを判定する (ステップ S T 3)。ここで、第 3 の温度 A は、原料燃料 m が改質反応をする温度より高く設定してある。例えば、改質反応をする温度が 650 のときに、第 3

の温度 A を 7 0 0 に設定する。改質部 5 の温度 T a が第 3 の温度 A 以上となると、制御装置 4 0 の制御部（不図示）から、原料燃料 m を改質器 5 に供給するように三方弁 3 を作動する信号 i 2 が三方弁 3 に送信される（ステップ S T 4）。

#### 【 0 0 3 4 】

原料燃料 m が三方弁 3 により改質部 5 に供給されることになると、燃焼部 4 では燃焼するための燃料が供給されなくなるので、燃焼が停止する。一方、改質部 5 では、改質反応する温度より高い第 3 の温度 A 以上に加熱されているので、原料燃料 m は、改質反応により水素と一酸化炭素、二酸化炭素に改質される。燃焼部 4 からの加熱は停止するが、改質部の容器（不図示）や改質触媒（不図示）に蓄熱されているので、温度の低下は緩やかで、更に改質部 5 が改質反応する温度より高い第 3 の温度 A 以上に加熱されており、多少温度が低下しても、改質反応は継続される。改質反応により生成された改質ガス r は、配管 1 7 を通って変成部 6 へ供給される。この時点では、変成部 6 は温度が低く改質ガス r が供給されても変成反応は行われない。ただし、高温の改質ガス r が供給されることにより、徐々に温度が上昇する。改質ガス r は、変成部 6 に続いて、配管 1 8 を通って、選択酸化部 7 に供給される。選択酸化部 7 においても、温度が低いため、一酸化炭素選択酸化反応は行われない。選択酸化部 7 も高温の改質ガス r が供給されることにより、徐々に温度が上昇する。

10

#### 【 0 0 3 5 】

変成部 6、選択酸化部 7 を昇温させた改質ガス r は、配管 1 9 から三方弁 8 に至る。ここで、この改質ガス r は、まだ変成反応も一酸化炭素選択反応も受けていないので、一酸化炭素を多く含有しており、燃料電池 3 0 に供給するには適さない。そこで、三方弁 8 から、燃焼用ガス g' として、配管 2 1 へ送られ、配管 2 2 を経て、燃焼部 4 に供給される。燃焼部 4 では、この燃焼用ガス g' と燃焼空気 a により燃焼を開始する（ステップ S T 5）。すなわち、燃焼部 4 で燃焼が停止されるのは、三方弁 3 を配管 1 4 側から配管 1 3 側に切り替えたときから、切り替えにより改質部 5 に送られた原料燃料 m が改質され、変成部 6、選択酸化部 7、三方弁 8 を経て、燃焼部 4 に送られるまでの間であり、およそ 1 0 秒程度である。燃焼部 4 での燃焼が停止している時間はこの短い時間であるので、改質部 5 で原料燃料 m が改質反応を行い、温度が低下しても、第 3 の温度 A 以上の温度から改質反応が行われる最低温度以下にまで低下することがなく、改質反応は継続される。改質反応が継続されると共に、変成部 6 および選択酸化部 7 の昇温が継続される（ステップ S T 6）。これが、第 2 の予熱工程に該当する。

20

30

#### 【 0 0 3 6 】

変成部温度検知器 1 0 および選択酸化部温度検知器 1 1 で昇温中の変成部 6 および選択酸化部 7 の温度を検知する。検知した変成部 6 の温度 T b と選択酸化部 7 の温度 T c とは、信号 i 4、i 5 として、制御装置 4 0 に伝達される。制御装置 4 0 の制御部（不図示）では、変成部温度 T b と記憶部で記憶している第 4 の温度としての所定の温度 B と比較し、選択酸化部温度 T c と記憶部で記憶している第 4 の温度としての所定の温度 c と比較する（ステップ S T 7）。ここで、温度 B は、変成部 6 で変成反応が行われる温度であり、温度 C は、選択酸化部 7 で一酸化炭素選択酸化反応が行われる温度であり、例えば、銅 Cu - 亜鉛 Zn 系変成触媒とプラチナ Pt 系選択酸化触媒を用いる場合には、変成反応に適した温度は 2 0 0 ~ 2 8 0 程度であり、第 4 の温度 B は 2 4 0、一酸化炭素選択酸化反応に適した温度は 1 0 0 ~ 1 6 0 であり、第 4 の温度 C は 1 1 0 とする。なお、同時に、改質部温度 T a が第 3 の温度 A 以上であることを確認する。これは、三方弁 8 を切り替えることにより、選択酸化部 7 から三方弁 8、配管 2 1、配管 2 2 を経て燃焼部 4 に供給されていた燃焼用ガス g' の供給が途絶え、燃焼部 4 が一旦失火するので、その間に改質部 5 の温度が改質反応に必要な最低温度以下に低下することがないように、切替時の改質部 5 の温度を高くしておくためである。燃焼部 4 が失火して、燃料電池 3 0 からのオフガス p が供給され再度着火するまでの時間は、三方弁 3 を切り替えた場合とは異なるので、改質部温度 T a と比較すべき温度は第 3 の温度 A と異なる温度としてもよい。本実施の形態である燃料電池システム 1 0 0 では、三方弁 3 を切り替えたときより、三方弁 8 を

40

50

切り替えたときの方が、再着火するまでの時間が短いので、改質部温度  $T_a$  と比較する温度は、第 3 の温度  $A$  より低くてもよい。

【0037】

検知した温度  $T_b$ 、 $T_c$  が共に所定の温度  $B$ 、 $C$  以上になると、変成部 6 において改質ガス  $r$  が変成反応された変成ガス  $g_1$  となり、選択酸化部 7 において変成ガス  $g_1$  が一酸化炭素選択酸化反応により一酸化炭素が十分に減少された燃料ガス  $g$  となっている。そこで、制御装置 40 の制御部（不図示）から、選択酸化部 7 からのガスを燃料電池 30 に供給するように三方弁 8 を作動する信号  $i_6$  が三方弁 8 に送信される（ステップ  $ST_8$ ）。この場合、三方弁 8 を切り替えることにより、燃焼用ガス  $g'$  の燃焼部 4 への供給が止まり、燃焼部 4 での燃焼が停止する。しかし、すぐに燃料電池 30 に供給された燃料ガス  $g$  が燃料電池 30 で発電に利用されることなく、アノードオフガス  $p$  として配管 22 を通って燃焼部 4 に送出される。なお、燃料ガス  $g$  が燃料電池 30 に供給された時点で、燃料電池 30 での発電を少ない発電電流より開始してもよい。そこで、燃焼部 4 では、燃料ガス  $g$  と同じ成分であるが配管 22 から供給されるアノードオフガス  $p$  と燃焼空気  $a$  により燃焼を開始する（ステップ  $ST_9$ ）。ここで、燃料ガス  $g$  の成分を有するアノードオフガス  $p$  が燃焼部 4 に供給されるので、水素濃度も高く、着火し易い。この間の時間は、5 秒程度と短いので、前述のように燃焼部 4 の燃焼停止による改質部 5 の温度低下は小さく、改質反応は継続される。

【0038】

燃料ガスと同じ成分であるアノードオフガス  $p$  により燃焼部 4 の燃焼が行われると、改質部 5 の温度も安定し、原料燃料  $m$  は、改質部 5 で改質され、変成部 6 および選択酸化部 7 で一酸化炭素が減じられて、燃料電池 30 に供給される。そこで、燃料電池 30 では、発電電流の増段過程を経て、定常的な発電が開始される（ステップ  $ST_{10}$ ）。これが、発電工程に該当する。燃料電池 30 で発電が開始された後は、燃料電池 30 で燃料ガス  $g$  を発電に利用し、そのアノードオフガス  $p$  が配管 22 を通って燃焼部 4 に供給され、燃焼部 4 での燃焼は継続される。燃料電池 30 に供給される燃料ガス  $g$  は、変成反応および一酸化炭素選択酸化反応を受けているので一酸化炭素濃度が十分に低く、燃料電池 30 に供給しても燃料電池 30 のアノード極（燃料極）のプラチナ  $Pt$  触媒が被毒することもなく、好適である。

【0039】

上記の起動方法によれば、アシスト燃焼系を備えることなく、一酸化炭素により燃料電池 30 等を損傷することなく、燃料電池発電システム 100 を起動することができる。また、始めに原料燃料  $m$  を燃焼部 4 に供給して改質部 5 を昇温するときを除いて、原料燃料  $m$  を燃焼せず、燃焼部 4 では、改質ガス  $r$  あるいはアノードオフガス  $p$  などを燃焼しているので、燃焼部 4 から排気されるガスも、 $NO_x$  や  $SO_x$  を含まないクリーンなガスとなり、環境保護の観点からも好適である。

【0040】

続いて、図 3 を参照して、図 1 の燃料電池発電システム 100 の外乱要因に対する制御方法について説明する。例えば、原料燃料流量計の指示誤差、原料燃料  $m$  の品質のばらつきなどにより、改質部 5 の温度が変化することがある。改質部 5 の温度の変化が大きいと、改質反応が適切に行われなくなる恐れがある。そこで、改質部 5 の温度を所定の範囲内に保持するための調整を行わなければならない。

【0041】

改質部 5 の温度が低下した場合、温度を上昇するには、燃焼部 4 での燃焼量を増大することが考えられる。そのために原料燃料  $m$  の供給量を増加すると、改質部 5 での改質反応が盛んになるために吸熱が進み更に改質部 5 の温度が低下する。更に、改質反応には改質用水  $s$  の供給が必要であり、原料燃料  $m$  の供給量の増大と共に、改質用水  $s$  の供給量も増大しなければならず、システムとしての変動が大きくなり運転が不安定になる恐れもある。

【0042】

そこで、改質部 5 の温度が低下した場合には、燃料電池 30 における発電電流を低減する。発電電流の低減は、燃料電池 30 で消費される水素量の減少を招来するので、その結果アノードオフガス p に含有される残留水素量が増加する。アノードオフガス p 中の水素量が増加すると、燃焼部 4 での燃焼量が増え、改質部 5 の温度が上昇する。逆に改質部 5 の温度が上昇したときには、発電電流を増やせば、アノードオフガス p 中の水素量が減少し、燃焼部 4 での燃焼量が減少して、改質部 5 の温度が低下する。この改質部 5 の温度変化は、燃焼部 4 での燃焼量の変化が発電電流の増減からすぐに発生するので、応答が速く、燃料電池システム 100 の運転制御方法として好適である。

#### 【0043】

具体的な制御を図 3 に従って説明する。改質部温度検知器 9 で検知した温度は、信号 i 3 として、制御装置 40 の制御部に伝達される。制御部では、先ず、記憶部に記憶された所定の第 1 の温度 A 1 と検知された改質部温度 T a とを比較する（ステップ S T 1 1）。改質部温度 T a が第 1 の温度 A 1 以下のときには、燃料電池 30 での発電電流を低減する工程を実施し、第 1 の温度 A 1 を超えているのときには所定の第 2 の温度 A 2 との比較を行う。

#### 【0044】

燃料電池 30 での発電電流を低減する工程では、制御装置 40 の制御部において、発電電流を増大した連続回数 N 2 を 0 にリセットする（ステップ S T 2 1）。発電電流を低減した後、発電電流を増大する工程を実施することになった場合に連続して発電電流を増大した回数 N 2 のカウントを誤らないためである。なお、図 3 では、上記のステップ S T 2 1 を発電電流の低減工程の最初に行っているが、発電電流の低減工程中に行えば、どの段階で行ってもよい。

#### 【0045】

次に制御装置 40 の制御部より発電電流値を所定量 a 1 だけ低減するための指示信号 i 7 が燃料電池 30 に伝達される。燃料電池 30 では、制御信号 i 7 を受け、発電電流を低減する（ステップ S T 2 2）。低減する所定量 a 1 は、例えば起動時に設定された発電電流値の 2 % という小さな値に設定する。発電電流値を大きく変化させると急激な変化のためにシステムの運転が不安定になる恐れがあり、徐々に調整するために小さな値に設定する。

#### 【0046】

次に、制御装置 40 の制御部において、発電電流を低減した連続回数 N 1 に 1 を加算する（ステップ S T 2 4）。後述のように、発電電流を低減しても改質部 5 の温度 T a が所定の第 1 の温度 A 1 より高温とならない場合に、原料燃料 m の供給量を増加するときの判定に用いるためである。連続回数 N 1 が所定の回数 n 1 に達していなければ、改質部温度 T a と第 1 の温度 A 1 との比較（ステップ 1 1）に戻る。

#### 【0047】

ただし、次の改質部温度 T a と第 1 の温度 A 1 との比較（ステップ 1 1）を行う前に、発電電流を低減した状態を所定時間 t 1 保持する。そのため、制御装置 40 の制御部において、タイマーで所定時間 t 1 をカウントする（ステップ S T 2 3）。発電電流値を所定量 a 1 だけ低減した状態を安定させるためである。すなわち、発電電流を低減した直後に生じる過渡的な変化に基いて更なる制御を行うと、システムの運転が不安定になる恐れがあるからである。特に燃焼量の低減量に対して改質部 5 の熱容量が大きい場合、P I D 制御方式のように絶えずフィードバックを行うと、改質部 5 の温度のハンチングが起きる恐れがある。ここで、所定時間 t 1 は、1 ~ 5 k W の発電能力を有する小型の燃料電池発電システム 100 においては、30 秒程度でよく、所定時間 t 1 の間にシステムの運転に支障が生じるような大きな変化が起きることは考えにくい。ここまでが、発電電流低減工程に該当する。

#### 【0048】

次に、改質部温度 T a が第 1 の温度 A 1 を超えている場合について説明する。先ず、制御装置 40 の制御部において、改質部温度 T a と所定の第 2 の温度 A 2 との比較を行う（

ステップ S T 1 2 )。改質部温度  $T_a$  が第 2 の温度  $A_2$  以上でなければ、改質部 5 の温度が適正範囲内であるということで、そのまま運転を続けるが、改質部温度  $T_a$  が第 2 の温度  $A_2$  以上であれば、発電電流増大工程を実施する。発電電流低減工程とは反対に、燃料電池 3 0 での水素消費量を増やし、アノードオフガス  $p$  中の水素量を減少し、燃焼部 4 での燃焼を抑えるためである。

#### 【 0 0 4 9 】

発電電流増大工程では、発電電流を低減した連続回数  $N_1$  を 0 にリセットし (ステップ S T 3 1 )、発電電流値を所定量  $a_2$  だけ増大し (ステップ S T 3 2 )、発電電流を増大した連続回数  $N_2$  に 1 を加算する (ステップ S T 3 4 )。そして、次の改質部温度  $T_a$  と第 1 の温度  $A_1$  との比較 (ステップ 2 1 ) を行う前に、発電電流を増大した状態を所定時間  $t_2$  保持する (ステップ S T 3 3 )。これらの工程の詳細は、発電電流低減工程と同様であるので、詳細な説明は省略する。なお、発電電流値を低減する所定量  $a_1$  と増大する所定量  $a_2$  とは、同じであってもよいし、異なってもよい。また、発電電流を低減した状態を保持する所定時間  $t_1$  と増大した状態を保持する所定時間  $t_2$  とは、同じであってもよいし、異なってもよい。

10

#### 【 0 0 5 0 】

続いて、発電電流を低減した連続回数  $N_1$  が所定の回数  $n_1$  に達し、あるいは、発電電流を増大した連続回数  $N_2$  が所定の回数  $n_2$  に達した場合の運転について説明する。発電電流を低減した連続回数  $N_1$  とは、発電電流を低減し、その後に改質部温度  $T_a$  が第 2 の温度  $A_2$  を超えることなく、再度第 1 の温度  $A_1$  以下となった回数のことである。すなわち、発電電流を低減し、アノードオフガス  $p$  中の水素量を増やしたものの、未だ燃焼部 4 での燃焼が充分でなく改質部 5 の温度が低下してしまう状態が生じた回数である。発電電流を低減する回数が重なると燃料電池 3 0 での発電量の減少が大きくなり、外部の電気需要における需要量を満足できなくなる恐れがある。

20

#### 【 0 0 5 1 】

そこで、発電電流を低減した回数  $N_1$  が、所定の連続回数  $n_1$  に達した場合には、原料燃料供給部 1 からの原料燃料  $m$  の供給量を増加して、アノードオフガス  $p$  の量を増加し、燃焼部 4 での燃焼を増やし、改質部 5 の温度を上昇させることにする。原料燃料  $m$  の供給量を増やすと、改質部 5 への改質用水  $s$  の供給量も増やさなければならず、改質部 5 の温度が一時的に低下するが、燃焼部 4 での燃焼量が増えるので、次第に温度は上昇する。このように、発電電流の調整で対処できないときには、原料燃料  $m$  供給量を調整する機能を有することで、システムの安定運転への信頼性が向上する。例えば、発電電流の所定低減量を起動時発電電流の 2 % とし、所定の連続回数  $n_1$  を 5 回とすると、発電電流が 1 0 % 低下すると、原料燃料  $m$  の供給量が増加され、発電電流の変動は 1 0 % 以内に抑えられることになる。また、このときには、増加する原料燃料  $m$  の供給量を、起動時燃料の 1 0 % とすれば、原料燃料  $m$  の供給量が適切な範囲に保たれる。

30

#### 【 0 0 5 2 】

図 3 のフロー図を参照して、具体的な運転の制御について説明する。制御装置 4 0 の制御部で、発電電流を低減した回数  $N_1$  が、所定の連続回数  $n_1$  と等しくなったか否かを判定する (ステップ S T 2 5 )。発電電流を低減した回数  $N_1$  が、所定の連続回数  $n_1$  と等しくなった場合には、制御装置 4 0 の制御部から原料燃料流量値を所定量  $f_1$  だけ増加するための制御信号  $i_1$  が原料燃料供給部 1 に伝達される。そこで、原料燃料供給部 1 では、指示信号  $i_1$  を受け、定量流量ポンプの流量を増加しあるいは流量調節弁で流量を調節して、原料燃料流量値を増加する (ステップ 2 6 )。原料燃料流量値を増加すると共に、制御装置 4 0 の制御部では、発電電流を低減した回数  $N_1$  を 0 に戻す (ステップ S T 2 7 )。そして、再度改質部温度  $T_a$  と第 1 の温度  $A_1$  との比較 (ステップ S T 1 1 ) に戻る。ただし、その前に発電電流を低減し、原料燃料  $m$  を増加した状態を所定時間  $t_1$  保持する。そのため、制御装置 4 0 の制御部において、タイマーで所定時間  $t_1$  をカウントする (ステップ S T 2 3 )。発電電流を低減し、原料燃料  $m$  を増加した状態での運転が安定する時間を確保するためである。

40

50

## 【 0 0 5 3 】

発電電流を増大した連続回数  $N_2$  が所定の回数  $n_2$  に達した場合は、上記の発電電流を低減した連続回数  $N_1$  が所定の回数  $n_1$  に達した場合と反対に原料燃料供給部 1 からの原料燃料  $m$  の供給量を減少し（ステップ  $ST36$ ）、発電電流を増加した回数  $N_2$  を 0 に戻す（ステップ  $ST37$ ）。原料燃料  $m$  の供給量と共に、供給する改質用水量も減少する。その結果、燃焼部 4 での燃焼量が減少して、改質部 5 の温度は低下することになる。詳細な説明は、上記の原料燃料  $m$  供給量を増加する場合と同様であるので、省略する。

## 【 0 0 5 4 】

以上のように、発電電流を低減した連続回数  $N_1$  あるいは発電電流を増大した連続回数  $N_2$  が所定回数  $n_1$ 、 $n_2$  に達したら、原料燃料  $m$  の供給量を調整することで、燃料電池 30 の発電電流を一定の範囲内に保持することができ、外部の電力需要の要求を満たす燃料電池発電システム 100 となる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明の実施の形態である燃料電池発電システムを説明するブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態である燃料電池発電システムの起動時の制御方法を説明するフロー図である。

【図 3】本発明の実施の形態である燃料電池発電システムの通常運転時の制御方法を説明するフロー図である。

## 【符号の説明】

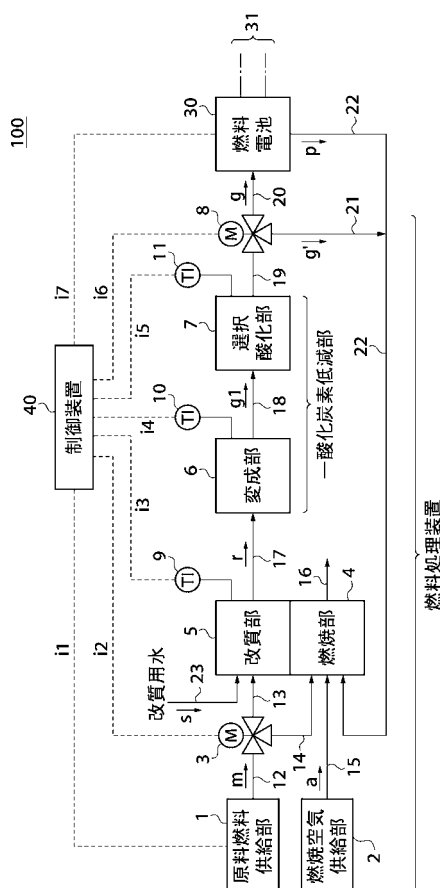
## 【 0 0 5 6 】

1	原料燃料供給部	
2	燃焼空気供給部	
3	三方弁（第 1 の流路切替手段）	
4	燃焼部	
5	改質部	
6	変成部（一酸化炭素低減部）	
7	選択酸化部（一酸化炭素低減部）	
8	三方弁（第 2 の流路切替手段）	
9	改質部温度検知器	30
10	変成部温度検知器（一酸化炭素低減部温度検知器）	
11	選択酸化部温度検知器（一酸化炭素低減部温度検知器）	
12	原料燃料吐出配管	
13	原料燃料供給配管	
14	原料燃料燃焼配管	
15	酸化剤ガス配管	
16	燃焼部排気配管	
17	改質ガス配管	
18	変成ガス配管	
19	燃料ガス吐出配管	40
20	燃料ガス供給配管	
21	改質ガス燃焼配管	
22	燃料電池オフガス配管	
22	改質用水供給配管	
30	燃料電池	
31	電力ケーブル	
40	制御装置	
a	燃焼空気	
A、B、C	起動時の改質部所定温度（第 3 の温度）、変成部所定温度（第 4 の温度）、選択酸化部所定温度（第 4 の温度）	50

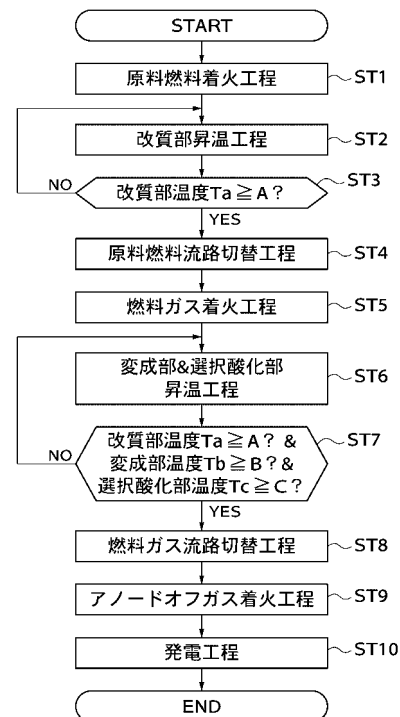
A 1、A 2	第 1 の温度、第 2 の温度
a 1、a 2	発電電流値の所定低減・増大量
g、g 1	燃料ガス、変成ガス
g'	燃焼用ガス
i 1 ~ i 7	制御信号
m	原料燃料
N 1、N 2	発電電流を低減・増大した連続回数
n 1、n 2	発電電流を低減・増大した連続回数の所定回数
r	改質ガス
T a	改質部温度
T b、T c	変成部温度（一酸化炭素低減部温度）、選択酸化部温度（一酸化炭素低減部温度）
T I	温度検知器
t 1、t 2	所定時間

10

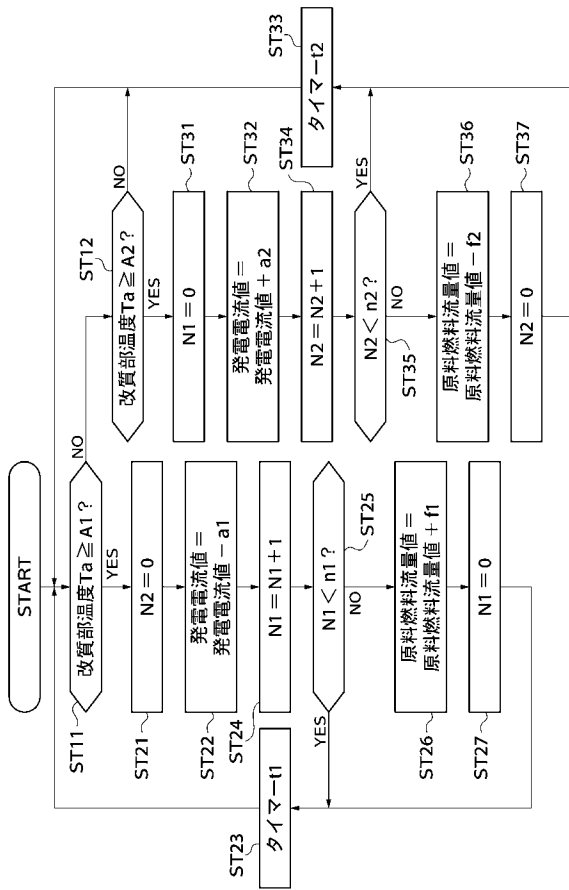
【図 1】



【図 2】



【図 3】





---

フロントページの続き

- (72)発明者 蘇 慶泉  
東京都港区港南 1 - 6 - 3 4 荏原バロード株式会社内
- (72)発明者 堀江 俊博  
東京都港区港南 1 - 6 - 3 4 荏原バロード株式会社内
- (72)発明者 安藤 正樹  
東京都港区港南 1 - 6 - 3 4 荏原バロード株式会社内
- (72)発明者 芳我 尚秀  
東京都港区港南 1 - 6 - 3 4 荏原バロード株式会社内
- F ターム(参考) 4G140 EA03 EA06 EB03 EB12 EB32 EB35  
5H027 AA02 BA01 BA17 KK42 MM12 MM13