

(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2018-10749

(P2018-10749A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO 1 M	8/06	(2016.01)	HO 1 M	8/06	B	4 G 1 4 0		
HO 1 M	8/04	(2016.01)	HO 1 M	8/04	N	5 H 0 2 6		
HO 1 M	8/12	(2016.01)	HO 1 M	8/04	Z	5 H 1 2 6		
CO 1 B	3/34	(2006.01)	HO 1 M	8/12		5 H 1 2 7		
			CO 1 B	3/34				

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-137401 (P2016-137401)  
 (22) 出願日 平成28年7月12日 (2016.7.12)

(71) 出願人 000220262  
 東京瓦斯株式会社  
 東京都港区海岸1丁目5番20号  
 (74) 代理人 110001519  
 特許業務法人太陽国際特許事務所  
 (72) 発明者 榑 拓人  
 東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内  
 Fターム(参考) 4G140 EA03 EA05 EA07 EB03 EB41  
 5H026 AA06  
 5H126 BB06  
 5H127 AA07 AC05 AC07 BA05 BA13  
 BA19 BA28 BA33 BA35 BA36  
 BA57 BA59 BB02 DB13 DB86  
 DC83 DC84

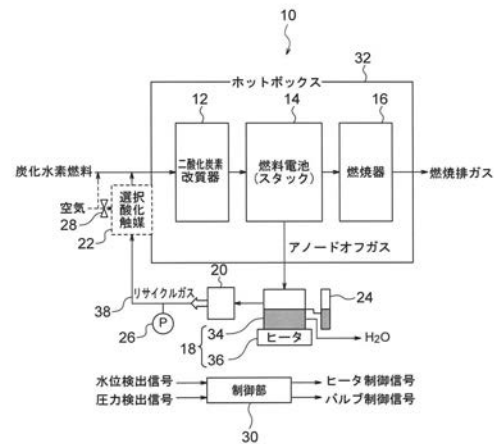
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 低コスト化を実現すると共に、リサイクル経路における炭素の析出を抑制する。

【解決手段】 本実施形態の燃料電池システム10は、燃料電池14と、ヒータ付ドレンタンク18と、ブロワ20とを備える。ヒータ付ドレンタンク18のドレンタンク本体34は、アノードオフガスに含まれる水蒸気を凝縮し、アノードオフガスを、一酸化炭素を含むリサイクルガスと水とに分離させる。ブロワ20は、リサイクル経路38に設けられており、リサイクル経路38を通じてリサイクルガスを送る。ヒータ付ドレンタンク18のヒータ36は、ドレンタンク本体34にて得られた水から水蒸気を発生させ、リサイクルガスに水蒸気を混合させる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

一酸化炭素及び水蒸気を含むアノードオフガスを発生する燃料電池と、  
前記アノードオフガスに含まれる水蒸気を凝縮し、前記アノードオフガス、一酸化炭素を含むリサイクルガスと水とに分離させる気水分離部と、  
前記気水分離部と前記燃料電池との間のリサイクル経路に設けられ、前記リサイクル経路を通じて前記リサイクルガスを送るブロワと、  
前記気水分離部にて得られた水から水蒸気を発生させ、前記リサイクルガスに水蒸気を混合させる水蒸気発生部と、  
を備える燃料電池システム。

10

**【請求項 2】**

前記リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とを反応させて二酸化炭素を生成する選択酸化触媒をさらに備える、  
請求項 1 に記載の燃料電池システム。

**【請求項 3】**

前記気水分離部の水位に応じた水位検出信号を出力する水位計、及び、前記リサイクル経路の内部の圧力に応じた圧力検出信号を出力する圧力計の少なくとも一方を有する検出部と、  
前記選択酸化触媒に空気を供給する空気供給部と、  
前記検出部から出力された検出信号に基づいて前記空気供給部及び前記水蒸気発生部を制御する制御部と、  
をさらに備える、  
請求項 2 に記載の燃料電池システム。

20

**【請求項 4】**

前記気水分離部は、前記アノードオフガスを前記リサイクルガスと水とに分離させるドレンタンク本体であり、  
前記水蒸気発生部は、前記ドレンタンク本体に一体に設けられ、前記ドレンタンク本体と共にヒータ付ドレンタンクを構成するヒータである、  
請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

**【請求項 5】**

前記水蒸気発生部は、前記リサイクル経路における前記ブロワよりも下流側において水蒸気を発生させる、  
請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

30

**【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する。

**【背景技術】****【0002】**

固体酸化物形燃料電池を備えた燃料電池システムとしては、例えば、水蒸気供給装置により外部から水蒸気改質器に水蒸気を供給し、炭化水素燃料を水蒸気改質するものがある。しかしながら、水蒸気供給装置を用いると、システムの複雑化によるコストアップと、水トラブルによる信頼性低下を招く虞がある。そこで、燃料電池の発電により発生する水蒸気を高温用ブロワにより水蒸気改質器にリサイクルし、水蒸気供給装置を不要とする燃料電池システムが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

40

**【0003】**

ところが、高温用ブロワを適用した場合、システムの簡素化が可能であるが、高温用ブロワ自体のコストが高く、却って外部から水蒸気を供給するシステムよりも高コストとなる虞がある。

**【0004】**

50

そこで、燃料電池から水蒸気と共に発生する二酸化炭素を二酸化炭素改質器にリサイクルし、炭化水素燃料を二酸化炭素改質する燃料電池システムが提案されている（例えば、特許文献2参照）。このシステムであれば、低温部（例えば100以下）でブロウを適用することができるため、高価な高温用ブロウを適用する必要が無く、低コスト化が可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2007-311072号公報

【特許文献2】特開2014-107056号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、発明者は、例えば特許文献2のような二酸化炭素改質器を備えた燃料電池システムについて鋭意検討を重ねた結果、以下の知見を得るに到った。

【0007】

すなわち、固体酸化物形燃料電池のアノードオフガスから水蒸気を気水分離し、二酸化炭素を含むリサイクルガスをリサイクルさせる構成を模擬した試験において、燃料電池の運転パラメータの一つである燃料利用率を下げた場合に、400～700の温度域において、リサイクルガスが流れるリサイクル経路の内部にて炭素が析出し、リサイクル経路を閉塞させるという課題があることが分かった。これは、燃料利用率を下げた場合には、燃料電池の未利用燃料である一酸化炭素の濃度が増えて二酸化炭素の濃度が減るため、ブドワール反応（ $2CO + C + CO_2$ ）が400～700の中温域で進み、炭素が析出したと考えられる。

20

【0008】

なお、上述のような特有の条件下にて炭素が析出することは、発明者独自の知見であり、本願の出願時において公に知られていないと確信する。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みて成されたものであって、低コスト化を実現することができると共に、リサイクル経路における炭素の析出を抑制することができる燃料電池システムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1に記載に記載の燃料電池システムは、一酸化炭素及び水蒸気を含むアノードオフガスを発生する燃料電池と、前記アノードオフガスに含まれる水蒸気を凝縮し、前記アノードオフガスを、一酸化炭素を含むリサイクルガスと水とに分離させる気水分離部と、前記気水分離部と前記燃料電池との間のリサイクル経路に設けられ、前記リサイクル経路を通じて前記リサイクルガスを送るブロウと、前記気水分離部にて得られた水から水蒸気を発生させ、前記リサイクルガスに水蒸気を混合させる水蒸気発生部と、を備える。

【0011】

40

この燃料電池システムによれば、高温のアノードオフガスに含まれる水蒸気は、気水分離部で凝縮され、気水分離部では、水と分離されたリサイクルガスが生成される。そして、このリサイクルガスは、気水分離部と燃料電池との間に設けられたブロウを經由する。

【0012】

ここで、ブロウを經由するリサイクルガスは、気水分離部にて予め水凝縮されているため、アノードオフガスよりも低温である。したがって、リサイクルガスがブロウを經由する場合でも、ブロウとして高温用ブロウよりも安価な低温用ブロウを適用することができるので、低コスト化を実現することができる。

【0013】

また、気水分離部にて得られた水から水蒸気発生部が水蒸気を発生させることで、この

50

水蒸気がリサイクルガスと混合される。したがって、リサイクルガス中の水蒸気濃度が確保されることにより、リサイクルガスが流れるリサイクル経路では、以下の式に示されるシフト反応が進むため、炭素の析出を抑制することができる。

【0014】



【0015】

なお、リサイクルガスは、水蒸気と混合された状態でブロウを經由しても良いし、リサイクル経路におけるブロウよりも下流側において水蒸気と混合されても良い。ただし、リサイクルガスが水蒸気と混合された状態でブロウを經由する場合、リサイクルガスの温度が低温用ブロウの許容温度以下になるように、リサイクルガスに混合される水蒸気の温度が設定されることが望ましい。

10

【0016】

また、請求項2に記載のように、請求項1に記載の燃料電池システムは、前記リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とを反応させて二酸化炭素を生成する選択酸化触媒をさらに備えていても良い。

【0017】

この燃料電池システムによれば、選択酸化触媒において、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とが反応して二酸化炭素が生成される。したがって、リサイクルガスに含まれる二酸化炭素の濃度が上昇することにより、炭素の析出が起こり得ないか又は起こりにくい雰囲気を実現することができるので、炭素の析出をより一層効果的に抑制することができる。

20

【0018】

また、請求項3に記載のように、請求項2に記載の燃料電池システムは、前記気水分離部の水位に応じた水位検出信号を出力する水位計、及び、前記リサイクル経路の内部の圧力に応じた圧力検出信号を出力する圧力計の少なくとも一方を有する検出部と、前記選択酸化触媒に空気を供給する空気供給部と、前記検出部から出力された検出信号に基づいて前記空気供給部及び前記水蒸気発生部を制御する制御部と、をさらに備えていても良い。

【0019】

この燃料電池システムによれば、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素の濃度に基づいて、空気供給部及び水蒸気発生部を制御するのではなく、気水分離部の水位、及び、リサイクル経路の内部の圧力に基づいて、空気供給部及び水蒸気発生部を制御する。したがって、一般に高価とされる一酸化炭素濃度センサや二酸化炭素濃度センサに比して安価である水位計及び圧力計を用いる分、より一層の低コスト化を実現することができる。

30

【0020】

また、請求項4に記載のように、請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、前記気水分離部は、前記アノードオフガスを前記リサイクルガスと水とに分離させるドレンタンク本体であり、前記水蒸気発生部は、前記ドレンタンク本体に一体に設けられ、前記ドレンタンク本体と共にヒータ付ドレンタンクを構成するヒータであっても良い。

【0021】

この燃料電池システムによれば、気水分離部としてのドレンタンク本体に、水蒸気発生部としてのヒータが一体に設けられたヒータ付ドレンタンクを適用しているので、例えば気水分離部と水蒸気発生部とが別々に設けられる場合に比して、システムの小型化と、より一層の低コスト化を実現することができる。

40

【0022】

また、請求項5に記載のように、請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気発生部は、前記リサイクル経路における前記ブロウよりも下流側において水蒸気を発生させても良い。

【0023】

この燃料電池システムによれば、水蒸気発生部は、リサイクル経路におけるブロウより

50

も下流側において水蒸気を発生させるので、ブロワの水耐性が不要になる。これにより、ブロワに安価なものを適用することができるので、より一層の低コスト化を実現することができる。

【発明の効果】

【0024】

以上詳述したように、本発明によれば、低コスト化を実現できると共に、炭素の析出を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの全体構成図である。

10

【図2】図1に示される制御部の処理の流れを示すフローチャートである。

【図3】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの第一変形例を示す全体構成図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの第二変形例を示す全体構成図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの第三変形例を示す全体構成図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る燃料電池システムの第四変形例を示す全体構成図である。

【発明を実施するための形態】

20

【0026】

以下、図面を参照しながら、本発明の一実施形態について説明する。

【0027】

本発明の一実施形態に係る燃料電池システム10は、二酸化炭素改質器12と、燃料電池14（スタック）と、燃焼器16と、ヒータ付ドレンタンク18と、ブロワ20と、選択酸化触媒22と、水位計24と、圧力計26と、空気供給バルブ28と、制御部30とを備える。

【0028】

二酸化炭素改質器12、燃料電池14、及び、燃焼器16は、ホットボックス32に收容されている。この二酸化炭素改質器12、燃料電池14、及び、燃焼器16は、ホットボックス32と共にホットモジュールを構成している。

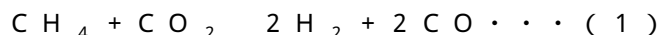
30

【0029】

二酸化炭素改質器12は、燃料電池14の前段に配置されている。この二酸化炭素改質器12には、炭化水素燃料及び空気が供給される。炭化水素燃料としては、例えば、都市ガス、液化石油ガス、バイオガスなどのメタンを含む炭化水素系のガスが使用可能である。また、この二酸化炭素改質器12には、後述する選択酸化触媒22にて生成された二酸化炭素が供給される。この二酸化炭素改質器12は、二酸化炭素を利用して炭化水素燃料を二酸化炭素改質し、一酸化炭素と水素とを含む改質ガスを生成する。この二酸化炭素改質器12における二酸化炭素改質反応は、下記式(1)の通りである。

【0030】

40



【0031】

燃料電池14は、一例として、固体酸化物形燃料電池である。この燃料電池14は、積層された複数のセルを有している。各セルは、燃料極、電解質層、空気極を有している。各セルの燃料極には、二酸化炭素改質器12にて生成された改質ガスが供給され、各セルの空気極には、空気（酸化剤ガス）が供給される。

【0032】

空気極では、下記式(2)で示されるように、空気中の酸素と電子とが反応して酸素イオンが生成される。この酸素イオンは、電解質層を通過して燃料極に到達する。

【0033】

50

(空気極反応)

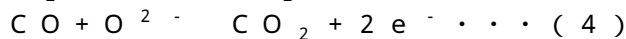
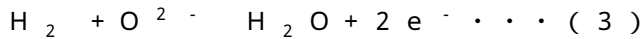


【0034】

一方、燃料極では、下記式(3)及び式(4)で示されるように、電解質層を通過してきた酸素イオンが改質ガス中の水素及び一酸化炭素と反応し、水及び二酸化炭素と、電子が生成される。燃料極で生成された電子は、外部回路を通過して空気極に到達する。そして、このようにして電子が燃料極から空気極に移動することにより、各セルにおいて発電される。また、各セルは、発電時に上記電気化学反応に伴って発熱する。この発熱により、燃料極で生成された水は、水蒸気となる。

【0035】

(燃料極反応)



【0036】

この燃料極にて発生するアノードオフガスには、燃料極反応にて生成された水蒸気及び二酸化炭素の他に、二酸化炭素改質器12にて生成され燃料電池14の燃料極にて未反応の水素及び一酸化炭素が含まれる。ホットボックス32内を流通するアノードオフガスの温度は、例えば、約200～800である。

【0037】

燃焼器16は、燃料電池14の後段に配置されている。この燃焼器16には、燃料電池14の空気極から排出されたカソードオフガスが供給されると共に、燃料電池14の燃料極から排出されたアノードオフガスの一部が供給される。アノードオフガスには、上述の通り、燃料電池14の燃料極にて未反応の水素及び一酸化炭素が含まれており、燃焼器16は、酸素を含むカソードオフガスを利用してアノードオフガスを燃焼する。この燃焼器16の燃焼に伴い生成された燃焼排ガスは、ホットボックス32の外部に排出される。

【0038】

ヒータ付ドレンタンク18は、ドレンタンク本体34と、ヒータ36とを有する。ドレンタンク本体34は、本発明における「気水分離部」の一例である。このドレンタンク本体34には、アノードオフガスが供給される。ドレンタンク本体34では、アノードオフガスに含まれる水蒸気が凝縮され、アノードオフガスが気体と水に分離される。ドレンタンク本体34で水と分離された気体には、水蒸気、二酸化炭素、水素、及び、一酸化炭素が含まれる。このドレンタンク本体34で水と分離された気体は、リサイクルガスとして燃料電池14の発電に再利用される。ドレンタンク本体34の余剰水は、外部に排出される。

【0039】

ヒータ36は、本発明における「水蒸気発生部」の一例である。このヒータ36は、ドレンタンク本体34に一体に設けられている。ヒータ36がオンになると、ドレンタンク本体34の水が加熱されて水蒸気が発生する。そして、この水蒸気は、リサイクルガスに混合される。このリサイクルガスは、後述するブロワ20を経由する。したがって、このリサイクルガスに混合される水蒸気の温度は、この水蒸気は混合されたりサイクルガスの温度がブロワ20として適用される低温用ブロワの許容温度以下になるように設定されることが望ましい。この温度は、上述のホットボックス32内を流通するアノードオフガスの温度よりも低い温度であり、例えば、約60～80に設定される。

【0040】

ブロワ20は、ドレンタンク本体34と二酸化炭素改質器12との間のリサイクル経路38に設けられている。ブロワ20が作動すると、リサイクルガスが選択酸化触媒22を経由して二酸化炭素改質器12に送られる。このブロワ20には、高温の水蒸気を含むガスの送出に適した高温用ブロワでは無い通常のもの、すなわち、高温用ブロワよりも低価格の低温用ブロワが適用されている。

【0041】

10

20

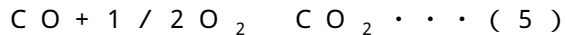
30

40

50

選択酸化触媒 22 は、リサイクル経路 38 に設けられている。この選択酸化触媒 22 は、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とを反応させて二酸化炭素を生成する。この選択酸化触媒 22 における反応は、下記式 (5) の通りである。

【0042】



【0043】

水位計 24 及び圧力計 26 は、本発明における「検出部」の一例である。水位計 24 は、ドレンタンク本体 34 の水位を検出し、この水位に応じた水位検出信号を出力する。圧力計 26 は、リサイクル経路 38 の内部の圧力を検出し、この圧力に応じた圧力検出信号を出力する。

10

【0044】

空気供給バルブ 28 は、本発明における「空気供給部」の一例である。この空気供給バルブ 28 は、選択酸化触媒 22 に接続された空気供給経路に設けられており、この空気供給経路を開放する状態と閉止する状態とに切り替えるように開閉動作する。

【0045】

制御部 30 は、例えば演算装置や記憶装置等を有する電子回路によって構成されている。この制御部 30 は、水位計 24 から出力された水位検出信号、及び、圧力計 26 から出力された圧力検出信号に基づいてバルブ制御信号及びヒータ制御信号を出力し、空気供給バルブ 28 及びヒータ 36 を制御する。

【0046】

この制御部 30 の記憶装置には、リサイクル経路 38 の内部にて炭素が析出することを抑制するためのプログラムが格納されている。制御部 30 の演算装置は、そのプログラムを実行し、リサイクル経路 38 の内部にて炭素が析出することを抑制させる。

20

【0047】

次に、リサイクル経路 38 の内部にて炭素が析出することを抑制するための制御部 30 の動作について説明する。

【0048】

制御部 30 は、上述のプログラムを実行することで、具体的には、以下のステップ S1 ~ ステップ S7 を実行する。

【0049】

ステップ S1 では、制御部 30 が、燃料電池 14 の各種状態を検出するセンサの出力信号に基づいて、燃料電池 14 の運転条件が一定であるか判断する。この場合の運転条件は、例えば、燃料電池 14 の温度、燃料利用率、電流値である。制御部 30 は、燃料電池 14 の運転条件が一定になるまでステップ S1 を繰り返し実行し、燃料電池 14 の運転条件が一定になると、ステップ S2 に移行する。

30

【0050】

ステップ S2 では、制御部 30 が、水位計 24 から出力された水位検出信号に基づいて、水位計 24 の水位変化量が閾値を超えたか、又は、圧力計 26 から出力された圧力検出信号に基づいて、圧力計 26 の圧力が上限値を超えたか判断する。

【0051】

水位計 24 の水位変化量の閾値は、例えば、以下の理由及び要領で設定される。すなわち、固体酸化物形燃料電池の運転条件に対応するリサイクル経路 38 に必要な水蒸気量は、実験により求めることができる。炭素析出をモニターした結果、例えば、システムの燃料利用率が 80%、燃料電池 14 の実質燃料利用率が 65% (リサイクル率 64%) の場合には、最低限必要な水蒸気量は X(mol/min) であることが分かった。

40

【0052】

上述の最低限必要な水蒸気量に、例えば安全係数 1.3 を掛けた値を固体酸化物形燃料電池のある運転条件における運用水蒸気量とすることができる。水位計 24 の水位が増加した場合、何らかの理由で水凝縮量がドレンタンク本体 34 で大きくなり、これは、リサイクル経路 38 に供給される水蒸気量の減少を意味している。したがって、下記計算式よ

50

り、リサイクル経路 3 8 に供給されなくなった分の  $0.3X(\text{mol}/\text{min})$  の水蒸気量を早急に供給する必要がある。

【 0 0 5 3 】

$$X(\text{mol}/\text{min}) \times (1.3 - 1.0) = 0.3X(\text{mol}/\text{min})$$

【 0 0 5 4 】

水位計 2 4 の水位変化量 ( 閾値 ) は、ドレンタンク本体 3 4 の容量によって変化する。例えば、リサイクル経路 3 8 に供給されなくなった分の  $0.3X(\text{mol}/\text{min})$  の水蒸気量を補うには、例えば、高さ  $25\text{cm} \times$  横  $10\text{cm} \times$  縦  $20\text{cm}$  の容量のドレンタンク本体 3 4 を使用した場合、下記計算式より、 $5.4X(\text{mol}/\text{min})$  で、 $0.027X(\text{cc}/\text{min})$  の速さで水位量が増加したときに、ヒータ 3 6 をオンにしてヒータ 3 6 の温度を上げることになる。この場合、水位計 2 4 の水位変化量に関する閾値は、 $0.027X(\text{cc}/\text{min})$  に設定される。

10

【 0 0 5 5 】

$$18(\text{cc}/\text{mol}) \times 0.3x(\text{mol}/\text{min}) = 5.4X(\text{cc}/\text{min})$$

$$5.4X \div 10 \div 20 = 0.027X(\text{cc}/\text{min})$$

【 0 0 5 6 】

なお、ヒータ 3 6 の温度  $t( )$  とリサイクル経路 3 8 に供給する水蒸気量  $(\text{cc}/\text{min})$  の関係は、以下の式で示される。

【 0 0 5 7 】

$$\text{Tenesの式：飽和水蒸気圧} E(\text{hPa}) = 6.11 \times 10^{(7.5t / (t + 237.3))}$$

$$\text{水蒸気濃度} H(\%) = E / 1013.25(\text{hPa}) \times 100$$

$$\text{リサイクルガスのボリューム} Z(\text{cc}/\text{min})$$

$$\text{供給する水蒸気量} (\text{cc}/\text{min}) = Z(\text{cc}/\text{min}) \times H \times (100 - H)$$

20

【 0 0 5 8 】

一方、圧力計 2 6 の圧力の上限值は、例えば、以下の理由及び要領で設定される。一般的に SOFC システムにおける圧力の上限值は、本システムを実現させるようなアノードオフガス回収構造の平板型燃料電池スタックの許容圧力に因るところが大きく、上限値は、燃料電池スタックが許容できる圧力が  $(\text{kPa})$  とした場合、例えば安全係数  $1.3$  を割り返した値である  $0.77(\text{kPa})$  に設定される。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 2 において、制御部 3 0 は、水位計 2 4 の水位変化量が上述の閾値を超えるか、又は、圧力計 2 6 の圧力が上述の上限值を超えるまでステップ S 2 を繰り返し実行する。そして、水位計 2 4 の水位変化量が閾値を超えたか、又は、圧力計 2 6 の圧力が上限値を超えると、制御部 3 0 は、ステップ S 3 に移行する。

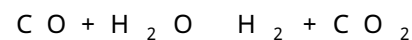
30

【 0 0 6 0 】

ステップ S 3 では、制御部 3 0 が、ヒータ制御信号としてヒータオン信号を出力すると共に、バルブ制御信号としてバルブ開信号を出力する。制御部 3 0 からヒータオン信号が出力されると、ヒータ 3 6 がオンになり、ドレンタンク本体 3 4 の水が加熱されて水蒸気が発生し、リサイクルガスに水蒸気が混合される。そして、これにより、リサイクルガス中の水蒸気濃度が増加する。リサイクルガス中の水蒸気濃度が増加すると、以下の式に示されるシフト反応が進み、炭素の析出が抑制される。

40

【 0 0 6 1 】



【 0 0 6 2 】

また、制御部 3 0 からバルブ開信号が出力されると、空気供給バルブ 2 8 が開き、空気供給経路を通じて選択酸化触媒 2 2 に空気が供給される。選択酸化触媒 2 2 では、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とが反応し二酸化炭素が生成される。そして、これにより、リサイクルガスに含まれる二酸化炭素の濃度が増加する。リサイクルガスに含まれる二酸化炭素の濃度が上昇することにより、炭素の析出が起こり得ないか又は起こりにくい雰囲気を実現され、炭素の析出がより一層効果的に抑制される。

【 0 0 6 3 】

50



ステップ S 4 では、制御部 3 0 が、水位計 2 4 から出力された水位検出信号及び圧力計 2 6 から出力された圧力検出信号に基づいて、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下であるか判断する。制御部 3 0 は、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下になるまでステップ S 4 を繰り返し実行する。そして、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下になると、制御部 3 0 は、ステップ S 5 に移行する。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 5 では、制御部 3 0 が、バルブ制御信号としてバルブ閉信号を出力する。制御部 3 0 からバルブ閉信号が出力されると、空気供給バルブ 2 8 が閉じ、空気供給経路を通じた選択酸化触媒 2 2 への空気の供給が停止される。選択酸化触媒 2 2 では、空気の供給が停止されると、二酸化炭素の生成が停止する。

10

【 0 0 6 5 】

ステップ S 6 では、制御部 3 0 が、水位計 2 4 から出力された水位検出信号及び圧力計 2 6 から出力された圧力検出信号に基づいて、再度、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下であるか判断する。制御部 3 0 は、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下になるまでステップ S 6 を繰り返し実行する。そして、水位計 2 4 の水位変化量が閾値以下で、かつ、圧力計 2 6 の圧力が上限値以下になると、制御部 3 0 は、ステップ S 7 に移行する。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 7 では、制御部 3 0 が、ヒータ制御信号としてヒータオフ信号を出力する。制御部 3 0 からヒータオフ信号が出力されると、ヒータ 3 6 がオフになり、ドレンタンク本体 3 4 に貯留された水の加熱が停止され、水蒸気の発生が停止する。本実施形態では、以上の要領で、リサイクル経路 3 8 の内部にて炭素が析出することが抑制される。

20

【 0 0 6 7 】

次に、本発明の一実施形態の作用及び効果について説明する。

【 0 0 6 8 】

以上詳述したように、本発明の一実施形態に係る燃料電池システム 1 0 によれば、高温のアノードオフガスに含まれる水蒸気は、ドレンタンク本体 3 4 で凝縮され、ドレンタンク本体 3 4 では、水と分離されたリサイクルガスが生成される。そして、このリサイクルガスは、ドレンタンク本体 3 4 と二酸化炭素改質器 1 2 との間に設けられたブロワ 2 0 を経路して二酸化炭素改質器 1 2 に送られる。

30

【 0 0 6 9 】

ここで、ブロワ 2 0 を経路するリサイクルガスは、ドレンタンク本体 3 4 にて予め水凝縮されているため、アノードオフガスよりも低温である。したがって、リサイクルガスがブロワ 2 0 を経路する場合でも、ブロワ 2 0 として高温用ブロワよりも安価な低温用ブロワを適用することができるので、低コスト化を実現することができる。

【 0 0 7 0 】

また、ドレンタンク本体 3 4 にて得られた水をヒータ 3 6 により加熱して水蒸気を発生させることで、この水蒸気がリサイクルガスと混合される。したがって、リサイクルガス中の水蒸気濃度が確保されることにより、リサイクルガスが流れるリサイクル経路 3 8 では、以下の式に示されるシフト反応が進むため、炭素の析出を抑制することができる。

40

【 0 0 7 1 】



【 0 0 7 2 】

また、燃料電池システム 1 0 によれば、選択酸化触媒 2 2 において、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素と空気中の酸素とが反応して二酸化炭素が生成される。したがって、リサイクルガスに含まれる二酸化炭素の濃度が上昇することにより、炭素の析出が起こり得ないか又は起こりにくい雰囲気を実現することができるので、炭素の析出をより一層効果的に抑制することができる。

【 0 0 7 3 】

50

また、燃料電池システム 10 によれば、リサイクルガスに含まれる一酸化炭素の濃度に基づいて、空気供給バルブ 28 及びヒータ 36 を制御するのではなく、水位計 24 の水位、及び、圧力計 26 の圧力に基づいて、空気供給バルブ 28 及びヒータ 36 を制御する。したがって、一般に高価とされる一酸化炭素濃度センサや二酸化炭素濃度センサに比して安価である水位計 24 及び圧力計 26 を用いる分、より一層の低コスト化を実現することができる。

【0074】

また、燃料電池システム 10 によれば、ドレンタンク本体 34 にヒータ 36 が一体に設けられたヒータ付ドレンタンク 18 を適用している。したがって、例えば、アノードオフガスを気水分離する気水分離部と、リサイクルガスに水蒸気を混合させる水蒸気発生部とが別々に設けられる場合に比して、システムの小型化と、より一層の低コスト化を実現することができる。

10

【0075】

次に、本発明の一実施形態の変形例について説明する。

【0076】

(第一変形例)

図 3 に示される第一変形例では、本発明における「気水分離部」の一例として、ドレンタンク 54 が用いられると共に、本発明における「水蒸気発生部」の一例として、バブラー 56 が用いられている。

20

【0077】

ドレンタンク 54 は、アノードオフガスに含まれる水蒸気を凝縮し、アノードオフガスを気体と水とに分離させる。バブラー 56 は、リサイクル経路 38 におけるドレンタンク 54 とブロワ 20 との間に設けられている。このバブラー 56 は、水蒸気発生器であり、ドレンタンク 54 にて得られた水から水蒸気を発生させ、リサイクルガスに水蒸気を混合させる。バブラー 56 の余剰水は、外部に排出される。ブロワ 20 は、バブラー 56 と選択酸化触媒 22 との間に設けられている。水位計 24 は、バブラー 56 の水位に応じた水位検出信号を出力し、制御部 30 は、バブラー制御信号を出力し、バブラー 56 を制御する。

【0078】

このように構成されていても、ブロワ 20 を経由するリサイクルガスは、ドレンタンク 54 にて予め水凝縮されているため、アノードオフガスよりも低温である。したがって、リサイクルガスがブロワ 20 を経由する場合でも、ブロワ 20 として高温用ブロワよりも安価な低温用ブロワを適用することができるので、低コスト化を実現することができる。

30

【0079】

また、ドレンタンク 54 にて得られた水からバブラー 56 により水蒸気を発生させることで、この水蒸気がリサイクルガスと混合される。したがって、リサイクルガス中の水蒸気濃度が確保されることにより、リサイクルガスが流れるリサイクル経路 38 では、シフト反応が進むため、炭素の析出を抑制することができる。

【0080】

(第二変形例)

40

図 4 に示される第二変形例では、上述の第一変形例に対し、ブロワ 20 の配置位置が変更されている。つまり、第二変形例において、ブロワ 20 は、ドレンタンク 54 とバブラー 56 との間に設けられている。そして、バブラー 56 は、リサイクル経路 38 におけるブロワ 20 よりも下流側において水蒸気を発生させる。

【0081】

このように構成されていると、ブロワ 20 の水耐性が不要になる。これにより、ブロワ 20 に水耐性が低い安価なものを適用することができるので、より一層の低コスト化を実現することができる。

【0082】

(第三変形例)

50

図 5 に示される第三変形例では、本発明における「気水分離部」の一例として、ドレンタンク 5 4 が用いられると共に、本発明における「水蒸気発生部」の一例として、水タンク 6 6 及び水ポンプ 6 8 が用いられている。

【0083】

水タンク 6 6 は、ドレンタンク 5 4 から供給された水を貯留する。ブロワ 2 0 は、ドレンタンク 5 4 と選択酸化触媒 2 2 との間に設けられている。水ポンプ 6 8 は、水タンク 6 6 に貯留された水を、リサイクル経路 3 8 におけるブロワ 2 0 よりも下流側に供給する。リサイクル経路 3 8 におけるブロワ 2 0 よりも下流側に水が供給されると、この水がリサイクルガスによって加熱されて水蒸気となり、この水蒸気がリサイクルガスと混合される。水位計 2 4 は、ドレンタンク 5 4 の水位に応じた水位検出信号を出力し、制御部 3 0 は、水ポンプ制御信号を出力し、水ポンプ 6 8 を制御する。

10

【0084】

このように構成されていても、ブロワ 2 0 を経由するリサイクルガスは、ドレンタンク 5 4 にて予め水凝縮されているため、アノードオフガスよりも低温である。したがって、リサイクルガスがブロワ 2 0 を経由する場合でも、ブロワ 2 0 として高温用ブロワよりも安価な低温用ブロワを適用することができるので、低コスト化を実現することができる。

【0085】

また、水ポンプ 6 8 からリサイクル経路 3 8 に供給された水がリサイクルガスによって加熱されて水蒸気となり、この水蒸気がリサイクルガスと混合される。したがって、リサイクルガス中の水蒸気濃度が確保されることにより、リサイクルガスが流れるリサイクル経路 3 8 では、シフト反応が進むため、炭素の析出を抑制することができる。

20

【0086】

さらに、水ポンプ 6 8 がリサイクル経路 3 8 におけるブロワ 2 0 よりも下流側に水を供給することにより、リサイクル経路 3 8 におけるブロワ 2 0 よりも下流側において水蒸気が発生するので、ブロワ 2 0 の水耐性が不要になる。これにより、ブロワ 2 0 に水耐性が低い安価なものを適用することができるので、より一層の低コスト化を実現することができる。

【0087】

(第四変形例)

図 6 に示される第四変形例では、上記実施形態に対し、二酸化炭素改質器 1 2 が省かれている。この第四変形例のように、ヒータ付ドレンタンク 1 8 や選択酸化触媒 2 2 を付与し、炭素析出に十分なケアができている場合には、一般的に二酸化炭素改質器 1 2 に搭載されている触媒よりも炭素析出耐性の弱い燃料電池 1 4 の燃料極(例えば、Ni-YSZ)に直接ガス供給することが可能となるので、二酸化炭素改質器 1 2 が省かれても良い。

30

【0088】

(その他の変形例)

【0089】

上記第一乃至第三変形例には、本発明における「水蒸気発生部」の変形例が示されているが、気水分離部にて得られた水から水蒸気を発生させ、リサイクルガスに水蒸気を混合し得る水蒸気発生部であれば、どのような構成でも良い。

40

【0090】

また、上記実施形態において、燃料電池 1 4 は、一例として、固体酸化物形燃料電池であるが、一酸化炭素、二酸化炭素、及び、水蒸気を含むアノードオフガスを発生し得る燃料電池であれば、固体酸化物形燃料電池以外でも良い。

【0091】

また、上記実施形態では、選択酸化触媒 2 2 が用いられているが、選択酸化触媒 2 2 が省かれても良い。

【0092】

また、上記実施形態において、制御部 3 0 は、水位計 2 4 から出力された水位検出信号、及び、圧力計 2 6 から出力された圧力検出信号に基づいて、空気供給バルブ 2 8 及びヒ

50

ータ36を制御するが、水位検出信号及び圧力検出信号のどちらか一方の検出信号に基づいて、空気供給バルブ28及びヒータ36を制御しても良い。

【0093】

また、上記実施形態では、本発明における「空気供給部」の一例として、空気供給バルブ28が用いられているが、空気供給ポンプが用いられても良い。

【0094】

なお、上記その他の変形例のうち組み合わせ可能な変形例は、適宜、組み合わせられて実施されても良い。

【0095】

また、上記その他の変形例は、上記第一乃至第四変形例と適宜組み合わせられて実施されても良い。

10

【0096】

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は、上記に限定されるものでなく、上記以外にも、その主旨を逸脱しない範囲内において種々変形して実施可能であることは勿論である。

【符号の説明】

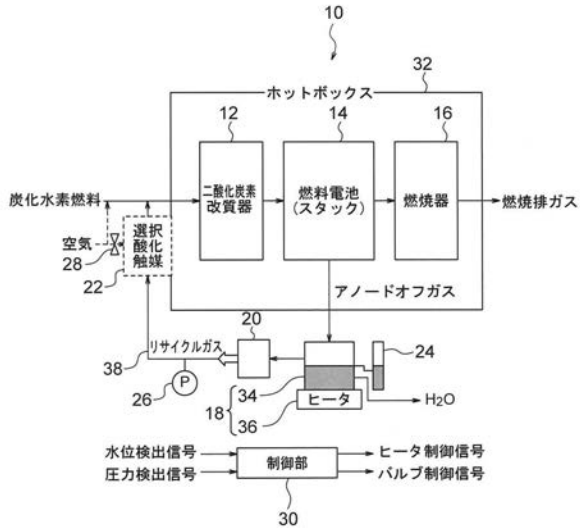
【0097】

- 10 燃料電池システム
- 12 二酸化炭素改質器
- 14 燃料電池
- 16 燃焼器
- 18 ヒータ付ドレンタンク
- 20 プロワ
- 22 選択酸化触媒
- 24 水位計（「検出部」の一例）
- 26 圧力計（「検出部」の一例）
- 28 空気供給バルブ（「空気供給部」の一例）
- 30 制御部
- 32 ホットボックス
- 34 ドレンタンク本体（「気水分離部」の一例）
- 36 ヒータ（「水蒸気発生部」の一例）
- 38 リサイクル経路
- 54 ドレンタンク（「気水分離部」の一例）
- 56 パプラー（「水蒸気発生部」の一例）
- 66 水タンク（「水蒸気発生部」の一例）
- 68 水ポンプ（「水蒸気発生部」の一例）

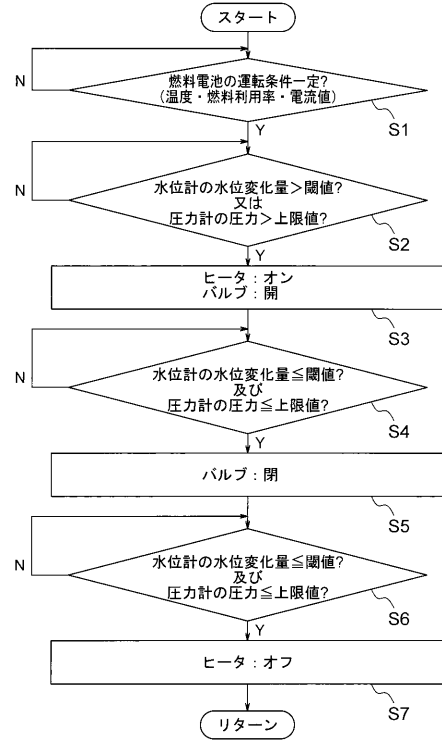
20

30

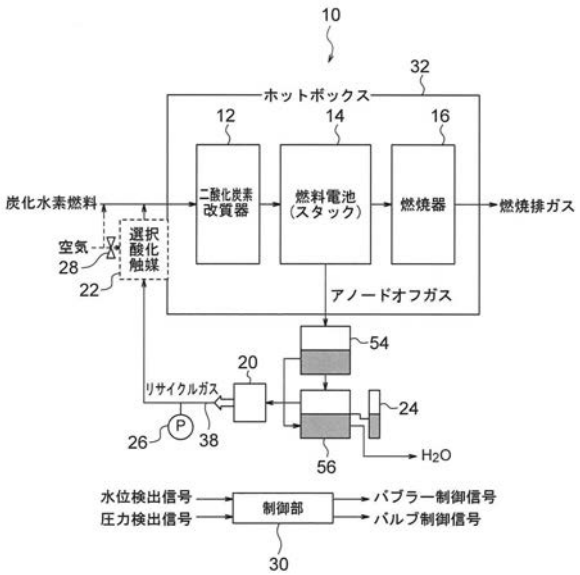
【図 1】



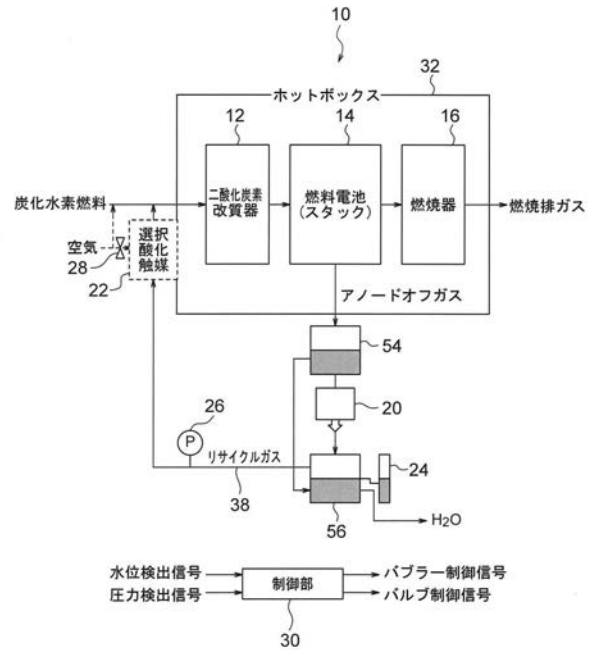
【図 2】



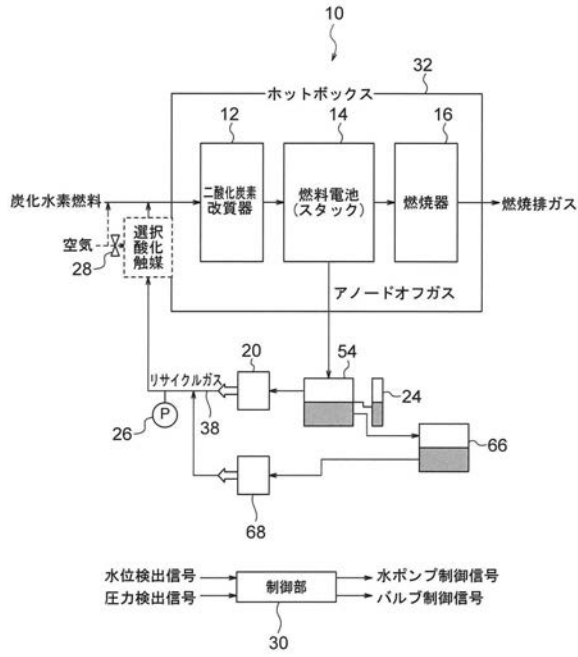
【図 3】



【図 4】



【 図 5 】



【 図 6 】

