

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5511419号
(P5511419)

(45) 発行日 平成26年6月4日 (2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日 (2014.4.4)

(51) Int. Cl.

F I

C O 1 B 3/38 (2006.01)

C O 1 B 3/38

H O 1 M 8/06 (2006.01)

H O 1 M 8/06

G

H O 1 M 8/10 (2006.01)

H O 1 M 8/10

H O 1 M 8/12 (2006.01)

H O 1 M 8/12

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-23199 (P2010-23199)
 (22) 出願日 平成22年2月4日 (2010.2.4)
 (62) 分割の表示 特願2008-282809 (P2008-282809)
 の分割
 原出願日 平成20年11月4日 (2008.11.4)
 (65) 公開番号 特開2010-150134 (P2010-150134A)
 (43) 公開日 平成22年7月8日 (2010.7.8)
 審査請求日 平成23年11月2日 (2011.11.2)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 110000556
 特許業務法人 有古特許事務所
 (72) 発明者 保田 繁樹
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内
 (72) 発明者 田口 清
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内
 (72) 発明者 田村 佳央
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ
 ソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 水素生成装置及び燃料電池システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

原料ガスと水蒸気との水蒸気改質反応により水素を含む燃料ガスを生成する水素生成装置本体と、

前記原料ガスを前記水素生成装置本体に供給する原料供給器と、

前記水蒸気改質反応のための水を前記水素生成装置本体に供給する水供給器と、

前記水素生成装置本体の前記燃料ガスの出口に燃料ガス経路を通じて接続され、前記燃料ガスの出口から送出されたガスを燃焼することによって前記水素生成装置本体に前記水蒸気改質反応に必要な熱を供給する燃焼器と、

前記燃焼器に燃焼空気を供給する空気供給器と、

前記原料供給器、前記水供給器、及び前記空気供給器の動作を制御する制御器と、

前記燃料ガス経路に設けられた燃料ガス弁と、

前記燃焼器における失火を検知する失火検知器と、を備え、

前記燃焼器が、前記燃料ガス経路を通じて流入したガスを燃焼している状態において停止処理が開始された場合、前記制御器は、前記原料供給器による前記原料ガスの供給及び前記水供給器による前記水の供給を停止し、その後、前記燃焼器において前記燃焼が継続するよう前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続し、前記失火検知器により前記失火を検知すると、前記燃料ガス弁を閉じるように構成されている、水素生成装置。

【請求項 2】

前記制御器は、前記燃焼が継続している期間において、前記水素生成装置本体の前記燃

料ガスの出口が前記燃料ガス経路を通じて前記燃焼器に連通されるよう前記燃料ガス弁を開くように構成されている、請求項 1 に記載の水素生成装置。

【請求項 3】

前記制御器は、前記燃料ガス弁を閉じた後、前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続するよう構成されている、請求項 1 または 2 に記載の水素生成装置。

【請求項 4】

前記制御器は、前記燃料ガス弁を閉じた後、前記空気供給器の操作量を増加させるよう構成されている、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の水素生成装置。

【請求項 5】

原料ガスと水蒸気との水蒸気改質反応により水素を含む燃料ガスを生成する水素生成装置本体と、

前記原料ガスを前記水素生成装置本体に供給する原料供給器と、

前記水蒸気改質反応のための水を前記水素生成装置本体に供給する水供給器と、

前記水素生成装置本体の前記燃料ガスの出口に燃料ガス経路を通じて接続され、前記燃料ガスの出口から送出されたガスを燃焼することによって前記水素生成装置本体に前記水蒸気改質反応に必要な熱を供給する燃焼器と、

前記燃焼器に燃焼空気を供給する空気供給器と、

前記原料供給器、前記水供給器、及び前記空気供給器の動作を制御する制御器と、

前記燃焼器に設けられた着火器と、を備え、

前記燃焼器が、前記燃料ガス経路を通じて流入したガスを燃焼している状態において停止処理が開始された場合、前記制御器は、前記原料供給器による前記原料ガスの供給及び前記水供給器による前記水の供給を停止し、その後、前記燃焼器において前記燃焼が継続するよう前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続するよう構成され、

前記原料供給器による前記原料ガスの供給及び前記水供給器による前記水の供給を停止後において、前記着火器を着火動作させるよう構成されている、水素生成装置。

【請求項 6】

前記燃焼器における失火を検知する失火検知器を備え、前記制御器は、前記失火検知器により前記失火を検知すると、前記着火器の着火動作を停止するよう構成されている、請求項 5 に記載の水素生成装置。

【請求項 7】

前記燃料ガス経路に設けられた燃料ガス弁を備え、前記制御器は、前記燃焼が継続している期間において、前記水素生成装置本体の前記燃料ガスの出口が前記燃料ガス経路を通じて前記燃焼器に連通されるよう前記燃料ガス弁を開くように構成されている、請求項 5 または 6 に記載の水素生成装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の水素生成装置と、前記水素生成装置から供給された前記燃料ガスを用いて発電する燃料電池と、を備える燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原料ガスと水蒸気とから水蒸気改質反応により水素リッチな燃料ガスを生成する水素生成装置、及びその水素生成装置を備える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、都市ガスや LP ガス等の原料ガスを水蒸気改質して水素リッチな燃料ガスを生成する水素生成装置と、水素生成装置で生成された水素リッチな燃料ガスと酸化剤ガスとを用いて発電を行う燃料電池とを備える。そのような水素生成装置は、原料ガスと水蒸気とから水蒸気改質反応によって改質ガスを生成する改質器と、この生成された改質ガスを変成する変成器と、変成された改質ガスの一酸化炭素濃度を低減する CO 除去器と、を内蔵している。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

このような水素生成装置においては、原料ガスはまず改質器に供給される。そして、そこで、原料ガスあるいは水素生成装置で生成される水素リッチな燃料ガスを燃焼させる燃焼器の燃焼熱によって加熱される。また、水蒸気改質反応に必要な水が改質器に供給される。供給された水は、燃焼器の燃焼熱によって水蒸気となり、原料ガスと水蒸気改質反応する。それにより水素リッチな燃料ガスが生成される。ここで、改質器の温度は、供給される原料ガスのうち 85 ~ 90 % 程度が水蒸気改質可能となる温度、例えば 700 程度となるように制御される。この改質器の温度制御は燃焼器の燃焼量を制御することにより行われる。生成された水素リッチな燃料ガスには、一酸化炭素ガスが 10 % 程度含まれる。この一酸化炭素ガスが、燃料電池に供給されると、燃料電池の白金触媒が劣化し、電圧が低下するので、一酸化炭素ガスを低減する必要がある。そこで、水素リッチな燃料ガスは、変成器に供給され、その含有する一酸化炭素ガス及び水蒸気が、両者のシフト反応により、水素ガスと二酸化炭素ガスとに変成される。この反応に必要な水蒸気にも、改質器に供給される水蒸気が用いられる。このシフト反応により、変成後の燃料ガス中の一酸化炭素ガスの濃度は約 5000 ppm に低減される。

10

【 0 0 0 4 】

この変成された燃料ガスは、CO 除去器に供給され、そこで、酸化反応によりその残留一酸化炭素が二酸化炭素ガスに変えられる。その結果、CO 除去器から送出される水素リッチな燃料ガスの一酸化炭素濃度は約 10 ppm 以下に低下される。

【 0 0 0 5 】

このように水素生成装置で生成された水素リッチな燃料ガスは、燃料電池に供給され、そこで酸化剤ガスと電気化学反応して電気と熱とが発生する。

20

【 0 0 0 6 】

このような水素生成装置において、水素リッチな燃料ガスを生成する反応の鍵を握るのが改質器、変成器、及び CO 除去器の各々に使われている触媒であり、触媒性能が、水素生成装置及び燃料電池システムの性能及び信頼性を大きく左右する。改質触媒及び変成触媒は、その雰囲気中に酸素があると酸化され、触媒が劣化する。また、高温の水蒸気に曝されると、水蒸気による酸化により劣化する。触媒が劣化すると、改質器での水蒸気改質反応により生成される水素量が低下するとともに、変成器での変成反応により低減される一酸化炭素量も減ることとなる。その結果、燃料電池での電気化学反応に必要な水素量を確保することができなくなるので、燃料電池での発電ができなくなることに加えて、一酸化炭素により燃料電池の白金触媒が被毒して劣化し、燃料電池の性能及び寿命が著しく損なわれることが想定される。このため、改質触媒及び変成触媒の酸化を防ぐことが燃料電池システム全体にとって非常に重要となる。

30

【 0 0 0 7 】

そこで、改質触媒及び変成触媒の酸化を防ぐために、水素生成装置の運転停止時に、まず改質器への原料ガス及び水の供給を停止し、その後、改質器内部が所定温度以下になった時点で原料ガスを供給することで水素生成装置内を還元雰囲気に保つようにした水素生成装置が知られている。(例えば、特許文献 1 参照)

図 5 は、上記特許文献 1 に記載された従来の水素生成装置の構成を示すブロック図である。

40

【 0 0 0 8 】

図 5 に示すように、従来の水素生成装置は、原料ガスと水蒸気とから水蒸気改質反応によって改質ガスを生成する改質器 28 と、改質器 28 を加熱する燃焼器 29 と、水蒸気と一酸化炭素ガスとを水素ガスと二酸化炭素ガスにシフト反応させる変成器 30 と、一酸化炭素選択酸化で一酸化炭素濃度を低下させる CO 除去器 31 と、改質器 28 への原料ガスの供給を遮断する原料弁 32 と、CO 除去器 31 の出口部に設けられた燃料ガス弁 33 と、改質器 28 の内部の温度を検知する改質温度検知器 34 と、変成器 30 の内部の温度を検知する変成温度検知器 35 と、水素生成装置内の圧力を検知できるように原料ガスの改質器 28 の入口部に設けられた圧力検知器 36 とを備える。

50

【 0 0 0 9 】

この特許文献 1 に記載された水素生成装置は、運転停止時において、原料弁 3 2 を閉じることによって原料ガスの供給を停止すると共に、水の供給も停止し、さらに燃料ガス弁 3 3 も閉じる。これにより、改質器 2 8 及び変成器 3 0 を還元性ガスである水素リッチな燃料ガスで満たす。その後、改質温度検知器 3 4 又は変成温度検知器 3 5 が所定温度以下になった時、原料弁 3 2 と燃料ガス弁 3 3 とを開放し、改質器 2 8 及び変成器 3 0 の内部のガスを原料ガスでパージする。原料ガスは炭化水素であるので、水素生成装置 3 0 の内は還元雰囲気中に保たれる。ここで、所定温度とは、原料ガス中に含まれる炭素が分解析出しない温度である。

【 0 0 1 0 】

10

そして、改質器 2 8 及び変成器 3 0 の温度がさらに低下すると、これらの内部圧力が低下し、そのままの状態では負圧状態になる。そこで、圧力検知器 3 6 の検知圧力が所定の圧力以下になった時に、原料弁 3 2 を開放し、原料ガスを改質器 2 8 及び変成器 3 0 に供給することでこれらの内部を正圧に維持する。

【 0 0 1 1 】

このように、上記従来の水素生成装置では、改質器 2 8 及び変成器 3 0 の内部を還元雰囲気に保つことで、改質触媒及び変成触媒の劣化を抑制しようとしていた。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 2 】

20

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 3 0 7 2 3 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 3 】

しかしながら、上記従来の水素生成装置では、上述のように運転停止時に、原料ガスと共に水の供給をも停止するとともに、CO 除去器 3 1 の出口部に設けられた燃料ガス弁 3 3 も閉じるよう構成されているが、水の供給を停止しても即座に蒸発反応が停止することではなく、改質器 2 8 が有する余熱により、改質器 2 8 内に残留する水が完全に蒸発するまでは蒸発反応が継続する。その結果、水素生成装置内の圧力が水蒸気発生により上昇するため、水素生成装置の耐圧設計、例えば筐体の材質の高耐圧化や肉厚増加等の設計対応が必要となり、低コスト化及びコンパクト化に不利になる。

30

【 0 0 1 4 】

また、停止後の温度低下により改質器 2 8 内のガスは収縮するが、上述のように運転停止時に燃料ガス弁 3 3 も閉じるよう構成されている場合、パージ、保圧または再起動を行うために原料弁 3 2 を開放する際に改質器 2 8 の温度によっては原料経路側の圧力よりも改質器 2 8 の内圧が高く、改質器内部から水蒸気が原料供給側に逆流し、原料供給路の流路閉塞により原料が適切に供給されない可能性がある。

【 0 0 1 5 】

本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、運転停止時における内部圧力の上昇による上記弊害を抑制することが可能な水素生成装置及びこれを用いた燃料電池システムを提供することを目的としている。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するために、本発明の水素生成装置は、原料ガスと水蒸気との水蒸気改質反応により水素を含む燃料ガスを生成する水素生成装置本体と、前記原料ガスを前記水素生成装置本体に供給する原料供給器と、前記水蒸気改質反応のための水を前記水素生成装置本体に供給する水供給器と、前記水素生成装置本体の前記燃料ガスの出口に燃料ガス経路を通じて接続され、前記燃料ガスの出口から送出されたガスを燃焼することによって前記水素生成装置本体に前記水蒸気改質反応に必要な熱を供給する燃焼器と、前記燃焼器に燃焼空気を供給する空気供給器と、前記原料供給器、前記水供給器、及び前記空気供給

50

器の動作を制御する制御器と、を備え、前記燃焼器が、前記燃料ガス経路を通じて流入したガスを燃焼している状態において停止処理が開始された場合、前記制御器は、前記原料供給器による前記原料ガスの供給及び前記水供給器による前記水の供給を停止し、その後、前記燃焼器において前記燃焼が継続するよう前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続するように構成されている。

【0017】

この構成によれば、改質器への原料ガス及び水の供給停止後も、水素生成装置本体の燃料ガスの出口が燃料ガス経路を通じて燃焼器と連通しているため、水素生成装置本体内の圧力が残留する水の蒸発により上昇することが防止される。また、その際に、水素生成装置本体の燃料ガスの出口が燃料ガス経路を通じて燃焼器と連通した状態で燃焼器の燃焼が継続するよう空気供給器の操作量が制御されるので、水素生成装置本体内で生成した水蒸気により押し出された可燃ガスが未燃焼の状態で排出されることを抑制することができる。

10

【0018】

前記水素生成装置は、前記燃料ガス経路に設けられた燃料ガス弁を備え、前記制御器は、前記燃焼が継続している期間において、前記水素生成装置本体の前記燃料ガスの出口が前記燃料ガス経路を通じて前記燃焼器に連通されるよう前記燃料ガス弁を開くように構成されていてもよい。

【0019】

前記水素生成装置は、前記燃焼器に設けられた着火器を備え、前記原料供給器による前記原料ガスの供給及び前記水供給器による前記水の供給を停止後において、前記着火器を着火動作させるよう構成されていてもよい。ここで、「原料ガス及び水の供給の停止後において着火器を着火動作させる」とは、少なくとも原料ガス及び水の供給の停止後の燃焼継続期間内において、所定時間着火器を着火動作させることを意味する。従って、原料ガス及び水の供給の停止後の燃焼継続期間全体に亘って継続して着火器を着火動作させなくてもよい。また、これは、着火器の着火動作の開始時期が原料ガス及び水の供給の停止後であることを意味するものではなく、着火動作の開始は、原料ガス及び水の供給の停止前に予め開始してもよい。

20

【0020】

前記水素生成装置は、前記燃焼器における失火を検知する失火検知器を備え、前記制御器は、前記失火検知器により前記失火を検知すると、前記着火器の着火動作を停止するよう構成されていてもよい。

30

【0021】

前記制御器は、前記着火器の前記着火動作が開始してから所定時間経過したら前記着火動作を停止するよう構成されていてもよい。

【0022】

前記水素生成装置は、前記燃焼器における失火を検知する失火検知器を備え、前記制御器は、前記失火検知器により前記失火を検知すると、前記燃料ガス弁を閉じるよう構成されていてもよい。この構成によれば、水素生成装置本体が外気と遮断されるため、その後、水素生成装置の温度が低下した場合に、水素生成装置内のガス経路への外気の侵入が遮断され、改質触媒等の酸化による劣化を抑制することができる。

40

【0023】

前記制御器は、前記燃料ガス弁を閉じた後、前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続するよう構成されていてもよい。この構成によれば、燃焼器が失火する直前は、燃焼状態が不安定になっているため、不完全燃焼の燃焼排ガスが大気へ排出される可能性があるが、燃料ガス弁を閉じた後も空気供給器から継続して空気が供給されるので不完全燃焼の燃焼排ガス中に含まれる未燃焼の可燃ガスや一酸化炭素が希釈されて排出され、安全性を確保することができる。

【0024】

また、前記制御器は、前記燃料ガス弁を閉じた後、前記空気供給器の操作量を増加させ

50

るよう構成されていてもよい。この構成によれば、不完全燃焼の燃焼排ガスがより希釈されて排出されるので、より安全性を確保することができる。

【0025】

また、本発明の燃料電池システムは、上記水素生成装置と、前記水素生成装置から供給された前記燃料ガスを用いて発電する燃料電池と、を備える。

【0026】

前記燃料電池システムは、前記水素生成装置本体内の温度を検知する温度検知器をさらに備え、前記燃料電池システムは、前記水素生成装置の前記停止処理を含むその停止処理において、前記制御器が前記温度検知器により閾値以下の温度を検知すると、前記原料供給器により前記原料ガスを前記燃料電池のカソードに供給するカソードパージを行うよう構成されており、前記制御器は、前記燃料ガス弁を閉じた後、少なくとも前記カソードパージを開始するまでの間、前記空気供給器による前記燃焼空気の供給を継続するよう構成されていてもよい。

10

【0027】

この構成によれば、カソードパージを行うまでの間、空気供給器が動作し続けるので、燃焼器を介して水素生成装置本体内部の温度を早く低下させることができる。それにより、カソードパージを行うまでの時間を短縮することができる。その結果、燃料電池の劣化を抑制でき、かつ燃料電池システムの停止処理時間を短縮することができる。

【発明の効果】

【0028】

20

本発明は上記のように構成され、水素生成装置及びこれを用いた燃料電池システムにおいて、水素生成装置の運転停止時における内部圧力の上昇による弊害が起きる可能性を低減することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の実施の形態1に係る水素生成装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の水素生成装置の停止処理の内容を示すフローチャートである。

【図3】本発明の実施の形態2に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。

【図4】図3の燃料電池システムの停止処理の内容を示すフローチャートである。

【図5】従来の水素生成装置の構成を示すブロック図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面を参照しながら説明する。なお、全ての図を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

【0031】

(実施の形態1)

[構成]

図1は本発明の実施の形態1に係る水素生成装置の構成を示すブロック図である。

【0032】

40

図1に示すように、本実施の形態の水素生成装置101は、水素生成装置本体1と、原料供給器2と、水供給器3と、燃焼器4と、燃料ガス経路5と、燃料ガス弁6と、燃焼空気供給器7と、失火検知器8と、制御器9とを主な構成要素として備えている。

【0033】

原料供給器2は、原料経路13上に配設され、原料経路13を通じて原料ガスを後述する水素生成装置本体1の改質器10に供給する。原料供給器2は、例えばプランジャーポンプで構成されている。原料ガスは、水蒸気改質反応により水素リッチなガスに改質できるガスであることが必要である。原料ガスとして、一般的には炭化水素系のガスが用いられる。炭化水素系のガスとして、例えば、天然ガス、都市ガス等が挙げられる。

【0034】

50

原料経路 1 3 には原料供給器 2 より下流側に原料弁 5 2 が設けられている。原料弁 5 2 は例えば開閉弁で構成される。

【 0 0 3 5 】

水供給器 3 は水供給経路 1 4 を通じて水を水素生成装置本体 1 の改質器 1 0 に供給する。水供給器 4 は、例えば、貯水槽、市水等の水源の水を圧送するポンプで構成される。

【 0 0 3 6 】

水素生成装置本体 1 は、改質器 1 0 と、変成器 1 1 と、CO 除去器 1 2 とを備えている。水素生成装置本体 1 は、例えば、容器状に形成されており、その容器の内部空間を区画するようにして、改質器 1 0 と変成器 1 1 と CO 除去器 1 2 とが形成されている。

【 0 0 3 7 】

改質器 1 0 は、改質触媒（図示せず）を備えている。改質触媒として、例えば、Ru または Ni を触媒金属として改質触媒が用いられる。改質器 1 0 は、水供給器 3 から供給される水を燃料器 4 から供給される熱で加熱して水蒸気を生成する。そして、この水蒸気と原料供給器 2 から供給される原料ガスとを改質触媒の作用により水蒸気改質反応させて、水素リッチな燃料ガス（改質ガス）を生成する。この水蒸気改質反応には燃焼器 4 から供給される熱が用いられる。改質器 1 0 の温度は、供給される原料ガスのうち 8 5 ~ 9 0 % 程度が水蒸気改質可能となる温度、例えば 7 0 0 程度となるように制御される。改質器 1 0 には、当該改質器 1 0 の温度を検出する温度検知器 2 7 が設けられている。温度検知器 2 7 は、白金測温抵抗体、サーミスタ等の温度センサで構成されている。この温度検知器 2 7 で検出される改質器 1 0 の温度は制御器 9 に入力される。

【 0 0 3 8 】

変成器 1 1 は、変成触媒を備えている。変成触媒として、例えば、Cu - Zn 系触媒が用いられる。変成器 1 1 は、改質器 1 0 で生成された水素リッチな燃料ガスを、変成触媒の作用により変成する。具体的には、水素リッチな燃料ガスが含有する一酸化炭素ガス及び水蒸気が、両者のシフト反応により、水素ガスと二酸化炭素ガスとに変成される。このシフト反応により、水素リッチな燃料ガス中の一酸化炭素ガスの濃度が約 5 0 0 0 ppm に低減される。

【 0 0 3 9 】

CO 除去器 1 2 は、酸化触媒を備えている。酸化触媒として、例えば、Pt を含む触媒が用いられる。CO 除去器 1 2 は、変成器 1 1 で変成された水素リッチな燃料ガスに酸化空気供給源（図示せず）から供給される空気を混合し、酸化触媒の作用により当該水素リッチな燃料ガス中の一酸化炭素を当該空気中の酸素と酸化反応させる。それにより、当該水素リッチな燃料ガス中の一酸化炭素が二酸化炭素ガスに変わる。その結果、CO 除去器 1 2 から送出される水素リッチな燃料ガスの一酸化炭素濃度が約 1 0 ppm 以下に低下される。

【 0 0 4 0 】

燃料ガス経路 5 は、水素生成装置本体 1 の CO 除去器 1 2 から送出される水素リッチな燃料ガス（以下、単に燃料ガスという場合がある）を、当該燃料ガスを消費する機器（ここでは燃料電池）を経由して燃焼器 4 に導く経路である。燃料ガス経路は、一般的には、水素生成装置本体 1 から燃料電池の内部燃料ガス経路へ燃料ガスを供給する燃料ガス供給経路と、燃料電池の内部に形成された上述の内部燃料ガス経路（図 1 に点線で示す）と、この内部燃料ガス経路から排出される未消費（未反応）の燃料ガス（アノードオフガス）を燃焼器 4 へ導く燃料ガス排出経路とで構成される。なお、水素生成装置本体 1 の起動時に燃料電池をバイパスして水素生成装置本体 1 から燃焼器 4 へ燃料ガスを導くバイパス路が設けられる場合があり（図 3 参照）、この場合には、当該バイパス路も燃料ガス経路 5 を構成する。

【 0 0 4 1 】

燃料ガス経路 5 の燃焼器 4 に近い側の部分には燃料ガス弁 6 が配設されている。燃料ガス弁は、例えば開閉弁で構成され、その開閉により、燃料ガス経路 5 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

燃焼器 4 は、燃料ガス経路 5 から供給される燃焼ガスとしての燃料ガスを燃焼空気供給器 7 から供給される空気と混合して燃焼させる。この燃焼による燃焼排ガスは燃焼排ガス経路（図示せず）を通してその排気口から水素生成装置 1 0 1 の外部に排出される。この燃焼排ガス経路は、これを通流する燃焼排ガスが水素生成装置本体 1 の改質器 1 0 と熱交換するよう構成されている（図示せず）。この構成により、燃焼器 4 で燃料ガスを燃焼させると、発生した燃焼排ガスにより改質器 1 0 が加熱される。なお、この構成により、後述するように、燃焼器 4 の失火後、燃焼器 4 に燃焼空気を供給すると、燃焼空気が改質器 1 0 と熱交換して改質器 1 0 が冷却される。燃焼器 4 は、例えば、火炎バーナで構成されている。燃焼器 4 は、着火器 5 1 を備えていて、制御器 9 からの着火指令により、着火器 5 1 が動作して燃焼器 4 が着火する。

10

【 0 0 4 3 】

燃焼器 4 には、燃焼器 4 が失火したことを検知する失火検知器 8 が設置されている。失火検知 8 の検知信号は制御器 9 に入力される。失火検知器 4 は、例えば、フレイムロッドで構成されている。

【 0 0 4 4 】

燃焼空気供給器 7 は、燃焼器 4 に燃焼空気を供給する。燃焼空気供給器 7 は、例えば、シロッコファンで構成されている。

【 0 0 4 5 】

制御器 9 は、本実施の形態では、水素生成装置 1 0 1 の全体の動作を制御する。具体的には、制御器 9 には水素生成装置 1 0 1 の所要の検知器（図示せず）からの検知信号及び入力装置（図示せず）からの入力情報（指令、入力データ等）が入力され、制御器 9 はこれらの入力に基づいて所要の処理を行う。そして、その処理に基づいて、所要の構成要素に制御信号を出力してこれを制御するとともに出力装置（図示せず）に所要の情報を出力する。特に、制御器 9 は、原料供給器 2、水供給器 3、燃料ガス弁 6、燃焼空気供給器 7、及び着火器 5 1 を制御して停止処理を行う。この停止処理において、失火検知器 8 から入力される検知信号と温度検知器 2 7 から入力される改質器 1 0 の温度とが用いられる。

20

【 0 0 4 6 】

制御器 9 は、演算部（図示せず）と記憶部（図示せず）と計時器 5 3 とを備えていて、演算部が記憶部に記憶された所定のプログラムを読み出して実行することにより、上述の制御が遂行される。制御器 9 は、例えば、マイクロコンピュータによって構成され、演算部がその CPU により構成され、記憶部がその内部メモリにより構成される。計時器 5 3 は、記憶部に格納されたプログラムにより実現される機能である。

30

【 0 0 4 7 】

ここで、本発明において、制御器とは、単独の制御器だけでなく、複数の制御器が協働して制御する制御器群をも意味する。それ故、制御器 9 は、必ずしも単独の制御器で構成される必要はなく、複数の制御器が分散配置され、それらが協働して水素生成装置 1 0 1 を制御するように構成されていてもよい。

【 0 0 4 8 】

〔 動作 〕

次に、以上のように構成された水素生成装置 1 0 1 の動作を説明する。この動作は制御器 9 の制御により遂行される。水素生成装置 1 0 1 は、水素生成装置 1 0 1 を停止状態から水素生成装置 1 0 1 を暖機し、安全かつ円滑に一酸化炭素濃度の低い水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成運転に移行させる起動処理と、燃料ガス生成を行う燃料ガス生成運転と、水素生成装置 1 0 1 を燃料ガス生成運転から安全かつ円滑に停止させる停止処理との少なくとも 3 つの動作モードを有する。

40

【 0 0 4 9 】

まず、起動処理及び燃料ガス生成運転を簡略化して説明する。水素生成装置 1 0 1 は、制御器 9 からの起動開始の制御信号により起動する。具体的には、制御器 9 は、燃料ガス弁 6 に開指令を出す。これにより、燃料ガス弁 6 が開いて燃料ガス経路 5 が導通する（開

50

放される)。その後、制御器 9 は、原料供給器 2、水供給器 3、燃焼空気供給器 7 に作動指令を出すとともに燃焼器 4 の着火器 5 1 に着火指令を出す。また、原料弁 5 2 を開放する。これにより、原料供給器 2 は原料経路 1 3 を通じて水素生成装置本体 1 に原料ガスを供給する。また、水供給器 3 は水供給経路 1 4 を介して水素生成装置 1 に水を供給する。また、燃焼器 4 は着火する。これにより、水素生成装置本体 1 は水蒸気改質反応により水素リッチな燃料ガスを生成する。そして、この燃料ガスが燃料ガス経路 5 を通じて、燃料ガスを消費する機器（ここでは燃料電池）に供給され、そこで消費されなかった燃料ガス（アノードオフガス）が燃焼器 4 に導かれる。そして、燃焼器 4 でこのアノードオフガスが燃焼空気供給器 7 から供給される燃焼空気と混合されて燃焼する。そして、この燃焼により発生した燃焼排ガスが改質器 1 0 と熱交換してこれを加熱する。これにより、改質器 1 0 における水蒸気改質反応が進行する。

10

【 0 0 5 0 】

次に、本発明を特徴付ける停止処理を説明する。

【 0 0 5 1 】

図 2 は図 1 の水素生成装置の停止処理の内容を示すフローチャートである。この停止処理は、制御器 9 の記憶部に格納された停止処理プログラムを制御器 9 の演算部が読み出して実行することにより、遂行される。

【 0 0 5 2 】

図 2 において、水素生成装置 1 0 1 は、制御器 9 からの停止処理開始の制御信号により停止処理を開始する。

20

【 0 0 5 3 】

まず、制御器 9 は、原料供給器 2 を制御して原料ガスの供給を停止する（ステップ S 1）。このとき、制御器 9 は、原料ガスの供給を停止した後、原料弁 5 2 を閉じる。次いで、制御器 9 は、水供給器 3 を制御して水の供給を停止する（ステップ S 2）。この原料ガスの供給停止及び水の供給停止は、逆の順序でもよく、同時でもよい。

【 0 0 5 4 】

次いで、制御器 9 は、着火器 5 1 を動作させる（ステップ S 3）。

【 0 0 5 5 】

次いで、制御器 9 は、失火検知器 8 が失火を検知するのを監視する（ステップ S 4 で N O）。

30

【 0 0 5 6 】

ここで、水の供給を停止しても即座に蒸発反応が停止することではなく、改質器 1 0 内に残留する水が完全に蒸発するまでは蒸発反応が継続する。それにより、改質器 1 0 内のガスの体積の増加が継続する。一方、従来例と異なり、本実施の形態では、原料ガス及び水の供給停止から失火検知器 8 による失火検知までの間、燃料ガス弁 6 は運転時と同様に開いたままであり、燃料ガス経路 5 を通じて水蒸気を含む水素リッチな燃料ガスが燃焼器 4 に供給される。ここで、原料ガス及び水の供給が停止された後においては、改質器 1 0 内で生成されるガスは必ずしも燃料ガスとしての所定の組成を有しないので、以下、これを「可燃ガス」と称する場合がある。また、燃焼空気供給器 7 は燃焼器 4 への燃焼用空気の供給を継続する。これにより、燃焼器 4 は燃焼を継続する。ところで、上記原料及び水の供給停止後においては、改質器 1 0 内の水蒸発により押し出されて燃焼器 4 に供給されるガス中に含まれる可燃ガスの量が次第に低下する等して燃焼器 4 が失火しやすくなる。しかし、本実施の形態では、その間、着火器 5 1 が着火動作を継続するので、燃焼器 4 が失火しても直ぐ着火する。このため、この改質器 1 0 から押し出されてくるガス中の可燃ガスの燃焼の継続が延長される。このように、ステップ S 4 は、本発明を特徴付ける燃焼継続ステップである。その結果、水素生成装置本体 1 内の圧力が残留する水の蒸発により上昇することが防止される。また、水素生成装置本体 1 の耐圧設計が容易になり、例えば、水素生成装置本体 1 の筐体に低コストの材料を用いることや、筐体の肉厚を低減することも可能となり、低コスト化及びコンパクト化を実現できる。また、水蒸気を含む水素リッチな燃料ガスをそのまま大気に排出すると、燃焼排ガスの排出口付近に着火源がある場合

40

50

、発火や爆発等の恐れがあるが、本実施の形態ではそれらを燃焼させることで上記問題の発生を抑制することができる。

【 0 0 5 7 】

やがて、改質器 1 0 内の全ての残留水が蒸発し終わると、改質器 1 0 内のガスの体積増加が止んで燃料ガス経路 5 から燃焼器 4 への可燃ガス（水素生成装置本体 1 で生成されたガス）の供給が止む。これにより、燃焼器 4 が失火する。すると、失火検知器 8 がこの失火を検知して、失火検知信号を制御器 9 に出力する。制御器 9 はこの失火検知信号を受けて燃焼器 4 の失火を検知する（ステップ S 4 で Y E S ）。

【 0 0 5 8 】

制御器 9 は、失火を検知すると、着火器 5 1 の着火動作を停止させる（ステップ S 5 ）。

10

【 0 0 5 9 】

次に、制御器 9 は、燃料ガス弁 6 を閉じる（ステップ S 6 ）。これにより、水素生成装置本体 1 の内部のガス経路が外気と遮断されて、その後、水素生成装置の温度が低下した場合に、水素生成装置内のガス経路への外気の侵入が遮断され、改質触媒及び変成触媒の酸化による劣化が防止される。

【 0 0 6 0 】

次に、制御器 9 は、燃焼空気供給器 7 の操作量（空気供給器の出力）を増加させる（ステップ S 7 ）。本実施の形態では、燃焼空気供給器 7 の操作量（出力）が最大になるように制御する。なお、燃焼空気供給器 7 の上記増加後の操作量は、必ずしも最大にする必要はなく、少なくとも燃料電池システム 1 0 2 が最大電力で発電運転している際における操作量よりも大きければ構わない。この操作量の増加により、燃焼空気供給器 7 が供給する燃焼空気の量が増加する。ここで、燃焼器 4 が失火する直前は、燃焼状態が不安定になっているため、不完全燃焼の燃焼排ガスが大気へ排出される可能性があるが、このように燃料ガス弁 6 を閉止した後も燃焼空気の供給を継続し、かつその燃焼空気も供給量を増加させることにより、この不完全燃焼の燃焼排ガスを希釈して排出することができる。

20

【 0 0 6 1 】

次に、制御器 9 は、燃焼空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間の計測を開始する（ステップ S 8 ）。当該経過時間の計測は計時器 5 3 を用いて行われる。

【 0 0 6 2 】

30

次に、制御器 9 は、燃焼用空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間が第 1 の停止閾値以上になるのを待機する（ステップ S 9 で N O ）。具体的には、制御器 9（正確には記憶部）には、燃焼用空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間に対する第 1 の停止閾値が記憶されていて、制御器 9 は計時器 5 3 から入力される時間に基づき算出された燃焼空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間をこの第 1 の停止閾値と対比して、上記経過時間が第 1 の停止閾値以上であるか否かを判定する（ステップ S 9 ）。そして、上記経過時間が第 1 の停止閾値未満の場合には、上記経過時間が第 1 の停止閾値以上になるのを待機する（ステップ S 9 で N O ）。

【 0 0 6 3 】

そして、上記経過時間が第 1 の停止閾値以上になると（ステップ S 9 で Y E S ）、燃焼用空気供給器 1 5 を停止する（ステップ S 1 0 ）。なお、第 1 の停止閾値は、燃料ガス弁 6 を閉止した後に、燃焼器 4 内部に残存するガスを大気中にパージ可能な時間として定義される。つまり、ステップ S 9 においては、燃料ガス弁 6 を閉止した後に供給した燃焼用空気の量が、燃焼器 4 内部に残存するガスを大気中にパージ可能な供給量（閾値供給量）以上になったか否かを判断することを目的としており、経過時間により判断する上記ステップ S 9 は、その一例である。

40

【 0 0 6 4 】

これより、停止処理が終了する。この停止処理の終了により、水素生成装置 1 0 1 が完全に停止した状態になる。

【 0 0 6 5 】

50

以上に説明したように、本実施の形態の水素生成装置 101 によれば、水素生成装置 101 の運転停止時における水素生成装置本体 1 の内部圧力の上昇による弊害を生じる可能性を低減することができる。なお、本実施の形態では、水素生成装置本体 1 内の圧力上昇を抑制することができるので、燃料ガス弁 6 を閉止後に水素生成装置本体 1 内に残存する水蒸気を含むガスのパージや燃料ガス弁 6 を閉止後に水素生成装置本体 1 内の温度低下により内圧が低下した際の水素生成装置本体 1 への保圧（補圧）や水素生成装置 101 の再起動のために原料ガスを供給するように構成しても、原料供給器 2 の下流の原料弁 52 を開放した際に、改質器 10 の内部から原料経路 13 側へ水蒸気が逆流して、原料ガスを供給する経路上に配置された原料供給器 2 が水蒸気に曝され、故障が発生することを抑制することができる。

10

【0066】

[着火動作に関する変形例]

< 着火動作の省略 >

上記では、原料及び水の供給停止後に着火動作を行っている。この着火動作は、原料及び水の供給停止後に改質器 10 から押し出される可燃ガスの燃焼を安定して継続させることを目的として行うものである。それ故、着火動作を行うことが好ましいが、停止処理制御を簡略化する場合には、これを省略してもよい。

【0067】

< 着火動作の開始タイミング >

上記では、原料及び水の供給停止後に着火動作を開始しているが、着火動作は上記目的に鑑みると、原料及び水の供給停止後に行っていればよい。それ故、原料及び水の供給停止と同時に又はその前に着火動作を開始してもよい。

20

【0068】

< 着火動作の停止タイミング >

着火器 51 の着火動作は、換言すると、改質器 10 から押し出されてくるガス中の可燃ガスの燃焼継続時間を延長するために行うものである。それ故、着火器 51 の着火動作は、改質器 10 からの可燃ガスの押し出しが止むまで継続することが好ましい。それ故、上記では、着火器 51 の着火動作を、失火を検知した後に停止している。しかし、例えば、僅かであっても燃焼器 4 の燃焼継続時間の延長効果が得られるという意味では、失火を検知するまで着火動作を継続する必要はなく、燃焼器 4 の失火を検知する前に、着火動作を停止してもよい。つまり、原料及び水の供給を停止後の燃焼継続期間内において所定時間、着火器 51 を動作させれば上記延長効果が得られる。また、上記所定時間は、着火動作により燃焼器 4 の燃焼を継続することが可能であると推定される時間とすることが好ましい。このような推定時間は、実験、シミュレーション、演算等によって求めることができる。

30

【0069】

なお、上記では、燃料ガス弁 6 を閉止した後に供給した燃焼用空気の量が、燃焼器 4 内部に残存するガスを大気中にパージ可能な供給量（閾値供給量）以上になったか否かを、燃焼空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間で判断しているが、これ以外のパラメータで判断してもよい。そのようなパラメータとして、例えば、燃料ガス弁 6 の閉止からの経過時間等が挙げられる。

40

（実施の形態 2）

図 2 は、本発明の実施の形態 2 に係る燃料電池システムの構成を示すブロック図である。図 2 に示すように、本実施の形態の燃料電池システム 102 は、実施の形態 1 の水素生成装置 101 と、燃料電池 17 と、酸化剤ガス供給器 19 とを主な構成要素として備えている。

【0070】

燃料電池 1 は、水素を含む燃料ガスと酸素を含む酸化剤ガスとを電気化学反応させて電気と熱とを発生するものである。燃料電池 1 として、例えば、固体高分子電解質形燃料電池、リン酸形燃料電池、固体酸化物形燃料電池、熔融炭酸塩形燃料電池等を用いることがで

50

きる。

【 0 0 7 1 】

燃料電池 1 7 の内部には、アノードに燃料ガスを供給しそこから未消費の燃料ガスを排出する内部燃料ガス経路 4 3 と、カソードに酸化剤ガスを供給しそこから未消費の酸化剤ガスを排出する内部酸化剤ガス経路 4 4 とが形成されている。内部燃料ガス経路 4 3 の上流端は、燃料ガス供給経路 1 6 を通じて水素生成装置本体 1 の C O 除去器 1 2 の燃料ガス出口に接続されている。燃料ガス供給経路 1 6 にはその開閉により燃料ガス供給経路 1 6 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）する燃料ガス入口弁 2 1 が配設されている。燃料ガス入口弁 2 1 は例えば開閉弁で構成されている。燃料ガス経路 4 3 の下流端は、燃料ガス排出経路 4 1 を通じて燃焼器 4 に接続されている。燃料ガス排出経路 4 1 にはその開閉により燃料ガス供給経路 4 1 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）する燃料ガス出口弁 2 3 が配設されている。燃料ガス出口弁 2 3 は例えば開閉弁で構成されている。

10

【 0 0 7 2 】

そして、燃料ガス供給経路 1 6 の燃料ガス入口弁 2 1 より上流側の部分と燃料ガス排出経路 4 1 の燃料ガス出口弁 2 3 より下流側の部分とを接続するように燃料電池バイパス経路 2 0 が設けられている。燃料電池バイパス経路 2 0 には、その開閉により燃料電池バイパス経路 2 0 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）する燃料電池バイパス弁 2 2 が配設されている。燃料電池バイパス弁 2 2 は例えば開閉弁で構成されている。

【 0 0 7 3 】

この構成により、燃料ガス入口弁 2 1 と燃料ガス出口弁 2 3 とを開き、燃料電池バイパス弁 2 2 を閉じると、水素生成装置本体 1 から供給される燃料ガスは、燃料ガス供給経路 1 6 と燃料電池 1 7 の内部燃料ガス経路 4 3 と燃料ガス排出経路 4 1 とを通過して燃焼器 4 へと流れる。一方、燃料ガス入口弁 2 1 と燃料ガス出口弁 2 3 とを閉じ、燃料電池バイパス弁 2 2 を開くと、水素生成装置本体 1 から供給される燃料ガスは、燃料ガス供給経路 1 6 と燃料電池バイパス経路 2 0 と燃料ガス排出経路 4 1 とを通過して燃焼器 4 へと流れる。

20

【 0 0 7 4 】

それ故、燃料ガス供給経路 1 6 と燃料電池 1 7 の内部燃料ガス経路 4 3 と燃料ガス排出経路 4 1 とを通過して燃焼器 4 へと流れる燃料ガスの経路と、燃料ガス供給経路 1 6 と燃料電池バイパス経路 2 0 と燃料ガス排出経路 4 1 とを通過して燃焼器 4 へと流れる燃料ガスの経路との双方が、燃料ガス経路 5 を構成している。

30

【 0 0 7 5 】

一方、燃料電池 1 7 の内部酸化剤ガス経路 4 4 の上流端は、酸化剤ガス供給経路 1 8 を通じて酸化剤ガス供給器 1 9 に接続されている。酸化剤ガス供給器 1 9 は、ここでは、酸化剤ガスとしての空気を内部酸化剤ガス経路 4 4 に供給する。酸化剤ガス供給器 1 9 は、例えば、プロアで構成されている。酸化剤ガス供給経路 1 8 にはその開閉により酸化剤ガス供給経路 1 8 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）する酸化剤ガス弁 4 2 が配設されている。酸化剤ガス弁 4 2 は、例えば開閉弁で構成されている。

【 0 0 7 6 】

また、内部酸化剤ガス経路 4 4 の下流端は、酸化剤ガス排出経路 2 4 を通じて燃焼器 4 に接続されている。酸化剤ガス排出経路 2 4 にはその開閉により酸化剤ガス排出経路 2 4 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）するカソードパージガス出口弁 2 6 が配設されている。カソードパージガス出口弁 2 6 は例えば開閉弁で構成されている。

40

【 0 0 7 7 】

そして、原料経路 1 3 の原料供給器 2 より下流側の部分と酸化剤ガス供給経路 1 8 の酸化剤ガス弁 4 2 より下流側の部分とを接続するようにカソードパージガス経路 4 5 が設けられている。カソードパージガス経路 4 5 にはその開閉によりカソードパージガス経路 4 5 を導通（開放）及び遮断（閉鎖）するカソードパージガス入口弁 2 5 が配設されている。カソードパージガス入口弁 2 5 は、例えば開閉弁で構成されている。

【 0 0 7 8 】

制御器 9 は、本実施の形態では、酸化剤ガス供給器 1 9 、燃料ガス入口弁 2 1 、燃料電

50

池バイパス弁 22、燃料ガス出口弁 23、カソードパージガス入口弁 25、カソードパージガス出口弁 26、及び酸化剤ガス弁 42の動作を制御する。なお、これらの構成要素 19, 21~23, 25, 26, 42を制御する別の制御器を設け、その制御器と制御器 9とが協働して燃料電池システムを制御するよう構成してもよい。

【0079】

次に、以上のように構成された燃料電池システム 102の運転動作を説明する。この動作は制御器 9の制御により遂行される。燃料電池システム 102は、燃料電池システム 102を停止状態から水素生成装置本体 1を暖機し、燃料電池システム 102を安全かつ円滑に発電動作に移行させる起動処理と、燃料電池 17の発電を行う発電運転と、燃料電池システム 102を発電運転から安全かつ円滑に停止させる停止処理との少なくとも3つの動作モードを有する。

10

【0080】

まず、起動処理及び発電運転を簡略化して説明する。燃料電池システム 102は、制御器 9からの起動開始の制御信号により起動する。

【0081】

燃料電池システム 102では、停止状態（待機状態）において、燃料ガス入口弁 21、燃料電池バイパス弁 20、及び燃料ガス出口弁 23が閉じられており、後述するように、燃料電池 1のアノード（正確には内部燃料ガス経路 43）には原料ガスが封止されている。また、本実施の形態では、燃料電池バイパス弁 22が、実施の形態 1の燃料ガス弁 6に代わってその役割を果たしており、水素生成装置本体 1の内部には、実施の形態 1で説明したように、原料ガスが封止されている。さらに、カソードパージガス入口弁 25、カソードパージガス出口弁 26、及び酸化剤ガス弁 42が閉じられており、後述するように、カソード（正確には内部酸化剤ガス経路 44）には原料ガスが封止されている。

20

【0082】

この状態で制御器 9から起動開始の制御信号が出力されると、燃料電池バイパス弁 22が開き、その後、水素生成装置 101が起動する。この起動の動作は実施の形態 1において詳述したので、ここではその重複する説明を省略する。但し、水素生成装置本体 1で生成された燃料ガスは、燃料ガス供給経路 26、燃料電池バイパス経路 20、及び燃料ガス排出経路 41を通じて燃焼器 4に供給される。

【0083】

30

そして、制御器 9の記憶部には改質器 10の所定の燃料ガス供給閾値温度（第2の所定温度）が記憶されていて、制御器 9は、温度検知器 27により検出される改質器 10の温度がこの燃料ガス供給閾値温度に到達すると、燃料ガス入口弁 21及び燃料ガス出口弁 23を開いて燃料電池バイパス弁 22を閉じる。これにより、水素生成装置本体 1から燃料ガスが燃料電池 17のアノードに供給される。この際、アノード（内部燃料ガス経路 43）に封止されていた原料ガスは燃料ガス排出経路 41を通じて燃焼器 4に排出され、そこで燃焼される。

【0084】

また、制御器 9は、酸化剤ガス弁 42及びカソードパージガス出口弁 26を開き、酸化剤ガス供給器 19から酸化剤ガス（空気）を燃料電池 17のカソードに供給する。この際、カソード（内部酸化剤ガス経路 44）に封止されていた原料ガスは酸化剤ガス排出経路 24を通じて燃焼器 4に排出され、そこで燃焼される。

40

【0085】

このようにして、燃料電池システム 102は、発電動作に移行し、発電動作においては、燃料電池 17において、水素生成装置本体 1から供給される燃料ガスと酸化剤ガス供給器 19から供給される酸化剤ガスとが電気化学反応して電気と熱とが発生する。発生した電気は、図示されない出力端子を通じて負荷に供給される。また、発生した熱は図示されない排熱回収システムにより回収されて、ユーザの利用に供される。

【0086】

燃料電池 17で消費されなかった燃料ガス（アノードオフガス：燃焼ガス）は、燃焼器

50

4 に供給されてそこで燃焼される。また、燃料電池 17 で消費されなかった酸化剤ガス（カソードオフガス）は、燃焼器 4 に供給され、そこで燃焼空気供給器 7 から供給される燃焼空気とともに燃焼ガスの燃焼に用いられる。

【0087】

次に、停止処理について説明する。

【0088】

図 4 は図 3 の燃料電池システム 102 の停止処理の内容を示すフローチャートである。この停止処理は、制御器 9 の記憶部に格納された停止処理プログラムを制御器 9 の演算部が読み出して実行することにより、遂行される。

【0089】

図 3、において燃料電池システム 102 は、制御器 9 からの停止処理開始の制御信号により停止処理を開始する。

【0090】

制御器 9 は、まず、酸化剤ガスの供給を停止し、かつ水素生成装置 101 における可燃ガス燃焼処理を行う。具体的には、制御器 9 は、酸化剤ガス供給器 19 による酸化剤ガスの供給を停止し、ガス酸化剤ガス弁 42 を閉じる。可燃ガス燃焼処理は、実施の形態 1 の図 2 のステップ S1 ～ S6 をこの燃料電池システム 102 に適合するよう変形したものである。ステップ S1 ～ S6 については、実施の形態 1 において詳述したので、ここではその重複する説明を省略し、相違点を説明する。本実施の形態では、燃料電池システムの停止処理開始時には、燃料ガスは水素生成本体 1 から燃料電池 17 の内部燃料ガス経路 43 を経由して燃焼器 4 へと流れている。水素生成装置 101 の可燃ガス燃焼処理において、制御器 9 は、まず、原料ガス及び水の供給を停止する（図 2 のステップ S1 及び S2）とともに、燃料電池バイパス弁 22 を開き、かつ燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 23 を閉じる。これにより、燃料ガスが燃料電池 17 のアノード（正確には内部燃料ガス経路 43）に封止される。一方、水素生成装置本体 1 内部の水蒸発により水素生成装置本体 1 から送出された可燃ガスが燃料電池バイパス経路 20 を経由して燃焼器 4 に流れ続け、この可燃ガスについて実施の形態 1 と同様に燃焼処理する。

【0091】

その後、制御器 9 は、失火検知器 8 により失火を検知すると、燃料ガス弁 6 に代わる燃料電池バイパス弁 22 を閉じる（図 2 のステップ S6 参照）。これにより、原料ガスが水素生成装置本体 1 に封止される。

【0092】

その後、制御器 9 は、燃焼空気供給器 7 の操作量を増加させて燃焼空気の供給を継続する（ステップ S22）。これは、改質器 10 の温度低下を促進するためである。

【0093】

次に、制御器 9 は、温度検知器 27 により検知される改質器 10 の温度が所定の閾値温度以下になるのを待機する（ステップ S22 で NO）。この所定の温度閾値は、以下のように定めることが好ましい。改質器 10 の温度は、燃焼器 4 の失火後、放熱により低下する。一方、後述するカソードパージにおいては、燃料電池 17 の内部酸化剤ガス流路 44 より送出されたガスを燃焼器 4 で燃焼させるので、この燃焼により改質器 10 の温度は上昇する。それ故、所定の閾値温度は、カソードパージによる改質器 10 の温度上昇を加算しても改質触媒の耐熱温度以下になる温度に定めることが好ましい。換言すると、所定の閾値温度は、改質触媒の耐熱温度からカソードパージによる改質器 10 の温度上昇を減算した温度以下に定めることが好ましい。

【0094】

そして、制御器 9 は、温度検知器 27 による検知される改質器 10 の温度が所定の閾値温度以下になると、燃焼空気供給器 7 の操作量を次ステップ以降で実施されるカソードパージ処理時の燃焼器 8 での燃焼に最適な空気量を供給可能なレベルにまで低下させ（ステップ S24）、燃料電池 17 のカソードのパージを開始する（ステップ S25）。その後、制御器 9 は、カソードパージの継続時間（以下、パージ時間という）の計測を開始する

10

20

30

40

50

(ステップS26)。このカソードパージにおいて、制御器9は、カソードパージガス入口弁25及びカソードパージガス出口弁26を開く。そして、原料供給器2を動作させる。これにより、カソードパージガス経路45を通じて燃料電池17のカソード(内部酸化剤ガス経路44)に原料ガスが供給され、カソードに存在していた酸化剤ガスがパージされる。

【0095】

次に、制御器9は、パージ時間が第2の停止閾値以上になるのを待機する(ステップS27でNO)。第2の停止閾値は、内部酸化剤ガス経路44中の酸化剤ガスを少なくとも内部酸化剤ガス経路44から排出可能な時間に定めることが好ましい。

【0096】

そして、パージ時間が第2の停止閾値以上になると、制御器9は、カソードパージを停止する(ステップS28)。具体的には、制御器9は、原料供給器2を停止させ、かつカソードパージガス入口弁25及びカソードパージガス出口弁26を閉じる。これにより、燃料電池17のカソード(正確には内部酸化剤ガス経路44)に原料ガスが封止され、カソードパージ処理が停止される。

【0097】

なお、上記カソードパージ処理においては、燃料電池17の酸化剤ガス経路に原料ガスが供給されるように構成したが、制御器9が原料ガス弁52及び燃料電池バイパス弁22を開放して、水素生成装置101内にも原料ガスを供給して、カソードパージ処理時に燃焼器4に供給される可燃性ガス量を増加させることで、燃焼器4の燃焼安定性を向上させるよう構成しても構わない。

【0098】

次に、制御器9は、上記カソードパージ処理の停止後、燃焼空気供給器7の操作量(空気供給器の出力)を増加させる(ステップS29)。本実施の形態では、燃焼空気供給器7の操作量(出力)が最大になるように制御する。なお、燃焼空気供給器7の上記増加後の操作量は、必ずしも最大にする必要はなく、少なくとも燃料電池システム102が最大電力で発電運転している際における操作量よりも大きければ構わない。この操作量の増加により、燃焼空気供給器7が供給する燃焼空気の量が増加する。ここで、燃焼器4が失火する直前は、燃焼状態が不安定になっているため、不完全燃焼の燃焼排ガスが大気へ排出される可能性があるが、このように燃料ガス弁としての燃料電池バイパス弁22を閉止した後も燃焼空気の供給を継続し、かつその燃焼空気も供給量を増加させることにより、この不完全燃焼の燃焼排ガスを希釈して排出することができる。

【0099】

次に、制御器9は、燃焼空気供給器7の操作量を増加させてからの経過時間の計測を開始する(ステップS30)。当該経過時間の計測は計時器53を用いて行われる。

【0100】

次に、制御器9は、燃焼用空気供給器7の操作量を増加させてからの経過時間が第3の停止閾値以上になるのを待機する(ステップS31でNO)。具体的には、制御器9(正確には記憶部)には、燃焼用空気供給器7の操作量を増加させてからの経過時間に対する第3の停止閾値が記憶されていて、制御器9は計時器53から入力される時間に基づき算出された燃焼空気供給器7の操作量を増加させてからの経過時間をこの第3の停止閾値と対比して、上記経過時間が第3の停止閾値以上であるか否か判定する(ステップS31)。そして、上記経過時間が第3の停止閾値未満の場合には、上記経過時間が第3の停止閾値以上になるのを待機する(ステップS31でNO)。

【0101】

そして、上記経過時間が第3の停止閾値以上になると(ステップS31でYES)、燃焼空気供給器7を停止する(ステップS32)。なお、第3の停止閾値は、燃料ガス弁としての燃料電池バイパス弁22を閉止した後に、燃焼器4内部に残存するガスを大気中にパージ可能な時間として定義される。つまり、ステップS31においては、燃料電池バイパス弁22を閉止した後に供給した燃焼用空気の量が、燃焼器4内部に残存するガスを大

10

20

30

40

50

気中にパージ可能な供給量（閾値供給量）以上になったか否かを判断することを目的としており、経過時間により判断する上記ステップS31は、その一例である。

かくして、燃料電池システム102の停止処理が完了する。

【0102】

以上に説明した本実施の形態の燃料電池システムによれば、カソードパージにおいて水素生成装置101にも原料ガスを供給するよう構成した場合に、原料及び水の供給停止後の燃焼継続動作により、水蒸発により膨張した体積の大部分を大気中に排出しているので、原料供給器2の下流の原料弁52を開放しても、改質器10の内部から原料経路13側への水蒸気の逆流が生じる可能性が低減される、もしくは逆流が生じてその量を低減することが可能になる。それ故、原料経路13に水蒸気が閉塞して、原料ガスが適切に供給できなくなる可能性を低減することができる。また、カソードパージを行うまでの間、燃焼空気供給器7が動作し続けるので、燃焼器4（正確に燃焼排ガス経路）を介して改質器10内部の温度を早く低下させることができる。それにより、カソードパージを行うまでの時間を短縮することができる。その結果、燃料電池17のアノードが水素雰囲気中に置かれるとともにカソードが酸素雰囲気中に置かれる時間が短縮され、燃料電池17の劣化を抑制できるとともに、燃料電池システム102の停止処理時間を短縮することができる。

【0103】

[変形例1]

上記では、水素生成装置本体1から送出されるガス（燃料ガス又は可燃ガス）の供給先を燃料電池17と燃料ガス排出経路41と切り替えるガス経路切替手段として、燃料ガス入口弁21及び燃料電池バイパス弁22を用いたが、本変形例では、これに代えて、水素生成装置本体1から送出されるガスの供給先を燃料電池17と燃料ガス排出経路41と切り替える三方弁が、燃料ガス供給経路16と燃料電池バイパス経路20との接続部に配設されるとともに、燃料電池排出経路41の燃料電池バイパス経路20との接続部より下流側の部分に、実施の形態1の燃料ガス弁6に相当する開閉弁（以下、燃料ガス弁という）が配設される。なお、上記燃料ガス弁6として機能する燃料ガス弁は、水素生成装置本体1の出口から燃料電池バイパス弁を経由して燃焼器4に至る経路に設けられればよく上記配置に限定されない。

この構成においては、燃料電池システム102の起動時には、三方弁が、水素生成装置本体1から送出されるガスを燃料ガス排出経路41に供給するよう切り替えられるとともに、燃料ガス弁が開かれる。燃料ガス出口弁23は閉じられたままである。また、燃料電池システム102の発電動作時には、その状態から、三方弁が、水素生成装置本体1から送出されるガスを燃料電池17に供給するよう切り替えられるとともに燃料ガス出口弁23が開かれる。さらに、燃料電池システム102の停止処理時には、その状態から、三方弁が、水素生成装置本体1から送出されるガスを燃料電池バイパス経路20に供給するよう切り替えられるとともに燃料ガス出口弁23が閉じられる。そして、燃焼器4の失火が検知された後、燃料ガス弁が閉じられる。このような構成としても、上記と同様の効果が得られる。

【0104】

[変形例2]

本変形例では、ガス経路切替手段として、燃料電池バイパス弁22及び燃料ガス出口弁23に代えて、燃焼器4へ供給するガス（燃料ガス又は可燃ガス）の送出元を燃料電池バイパス経路20と燃料電池17との間で切り替える三方弁が燃料電池バイパス経路20と燃料ガス排出経路41との接続部に配設されるとともに、燃料電池排出経路41の燃料電池バイパス経路20との接続部より下流側の部分に、上記燃料ガス弁が配設される。なお、上記燃料ガス弁は、水素生成装置本体1の出口から燃料電池バイパス弁を経由して燃焼器4に至る経路に設けられればよく上記配置に限定されない。

この構成においては、燃料電池システム102の起動時には、三方弁が、燃焼器4に供給されるガスの送出元が燃料電池バイパス経路20になるよう切り替えられるとともに、燃料ガス弁が開かれる。燃料ガス入口弁21は閉じられたままである。これにより、水素生

成装置本体 1 から送出されるガス（不完全な燃料ガス）が燃料電池バイパス経路 20 を経由して燃焼器 4 に供給される。また、燃料電池システム 102 の発電動作時には、その状態から、三方弁が、燃焼器 4 に供給されるガスの送出元が燃料電池 17 になるよう切り替えられるとともに燃料ガス入口弁 21 が開かれる。これにより、水素生成装置本体 1 から送出される燃料ガスが燃料電池 17 を経由して燃焼器 4 に供給される。さらに、燃料電池システム 102 の停止処理時には、その状態から、三方弁が、燃焼器 4 に供給されるガスの送出元が燃料電池バイパス経路 20 になるよう切り替えられるとともに燃料ガス入口弁 21 が閉じられる。これにより、水素生成装置本体 1 から送出される可燃ガスが燃料電池バイパス経路 20 を経由して燃焼器 4 に供給される。そして、燃焼器 4 の失火が検知された後、燃料ガス弁が閉じられる。このような構成としても、上記と同様の効果が得られる。

10

【0105】

[変形例 3]

上記では、水素生成装置 101 における可燃ガス燃焼処理（ステップ S21）において、燃料電池バイパス弁 22 が開かれ、燃料電池バイパス経路 20 を通じて、改質器 10 から押し出される可燃ガスが燃焼器 4 に供給される。これに対し、本変形例では、水素生成装置 101 における可燃ガス燃焼処理（ステップ S21）において、燃料電池バイパス弁 22 が閉じられ、燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 23 が開かれる。これにより、燃料ガス供給経路 16、燃料電池 17 の内部燃料ガス経路 43、及び燃料ガス排出経路 41 を通じて、改質器 10 から押し出される可燃ガスが燃焼器 4 に供給され、燃焼器 4 において可燃ガスの燃焼が継続される。この場合、燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 23 が燃料ガス弁として機能する。そこで、失火検知器 8 により失火が検知されると、燃料ガス弁として燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 23 のいずれか又は双方が閉じられる。これ以外の点は上記と同様である。このような構成としても、上記と同様の効果が得られる。

20

【0106】

なお、上記では、燃料ガス弁としての燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 22 の少なくともいずれかを閉止した後に供給した燃焼用空気の量が、燃焼器 4 内部に残存するガスを大気中にパージ可能な供給量（閾値供給量）以上になったか否かを、燃焼空気供給器 7 の操作量を増加させてからの経過時間で判断しているが、これ以外のパラメータで判断してもよい。そのようなパラメータとして、例えば、燃料ガス弁としての燃料ガス入口弁 21 及び燃料ガス出口弁 22 の少なくともいずれかを閉止してからの経過時間等が挙げられる。

30

【産業上の利用可能性】

【0107】

本発明に係る水素生成装置は、燃料電池システムに用いられる水素生成装置等として有用である。

【0108】

本発明に係る燃料電池システムは、家庭用等の用途において用いられる燃料電池システムとして有用である。

40

【符号の説明】

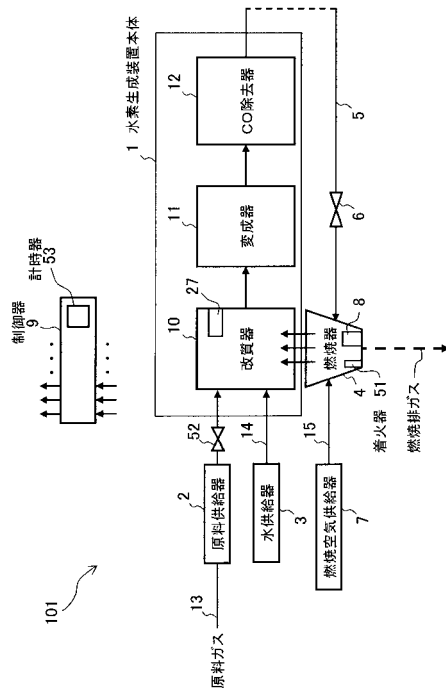
【0109】

- 1 水素生成装置本体
- 2 原料供給器
- 3 水供給器
- 4 燃焼器
- 5 燃料ガス経路
- 6 燃料ガス弁
- 7 空気供給器
- 8 失火検知器

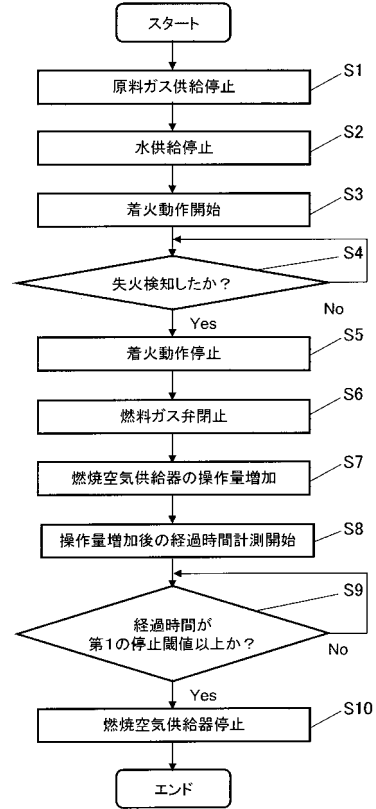
50

9	制御器	
1 0	改質器	
1 1	変成器	
1 2	CO除去器	
1 3	原料経路	
1 4	水供給経路	
1 5	燃焼空気供給経路	
1 6	燃料ガス供給経路	
1 7	燃料電池	
1 8	酸化剤ガス供給経路	10
1 9	酸化剤ガス供給器	
2 0	燃料電池バイパス経路	
2 1	燃料ガス入口弁	
2 2	燃料電池バイパス弁	
2 3	燃料ガス出口弁	
2 4	酸化剤ガス排出経路	
2 5	カソードパージガス入口弁	
2 6	カソードパージガス出口弁	
2 7	温度検知器	
2 8	改質器	20
2 9	燃焼器	
3 2	原料弁	
3 3	燃料ガス弁	
3 4	改質温度検知器	
3 5	変成温度検知器	
3 6	圧力検知器	
4 1	燃料ガス排出経路	
4 2	酸化剤ガス弁	
4 3	内部燃料ガス経路	
4 4	内部酸化剤ガス経路	30
4 5	カソードパージガス経路	
5 1	着火器	
5 2	原料弁	
5 3	計時器	
1 0 1	水素生成装置	
1 0 2	燃料電池システム	

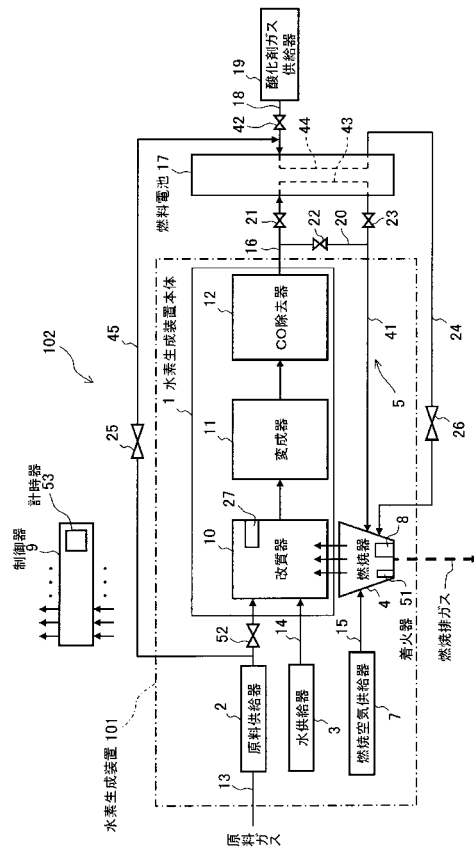
【図 1】



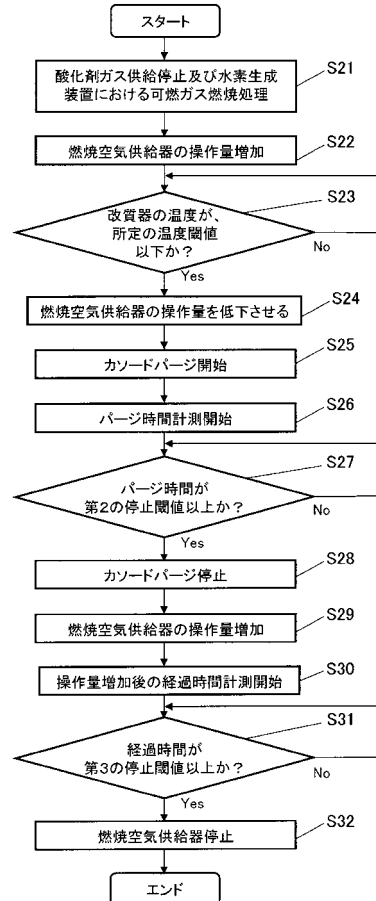
【図 2】



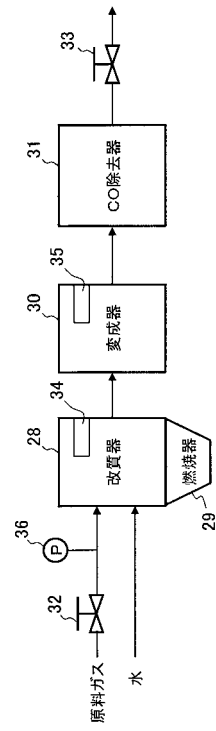
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 良和
大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内

審査官 村岡 一磨

(56)参考文献 特開２００７－２５４２５１（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２４７１２２（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２１７４３５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－１８７４２６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０５４５４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－１８６７０１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C 0 1 B 3 / 0 0 - 3 / 5 8
H 0 1 M 8 / 0 6
H 0 1 M 8 / 1 0
H 0 1 M 8 / 1 2