

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6500997号
(P6500997)

(45) 発行日 平成31年4月17日 (2019. 4. 17)

(24) 登録日 平成31年3月29日 (2019. 3. 29)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 M 8/04228 (2016. 01)

HO 1 M 8/04228

HO 1 M 8/12 (2016. 01)

HO 1 M 8/12 I O I

HO 1 M 8/04303 (2016. 01)

HO 1 M 8/04303

HO 1 M 8/04746 (2016. 01)

HO 1 M 8/04746

HO 1 M 8/0432 (2016. 01)

HO 1 M 8/0432

請求項の数 11 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-556366 (P2017-556366)
 (86) (22) 出願日 平成28年9月26日 (2016. 9. 26)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/078218
 (87) 国際公開番号 W02017/104211
 (87) 国際公開日 平成29年6月22日 (2017. 6. 22)
 審査請求日 平成30年5月24日 (2018. 5. 24)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-244172 (P2015-244172)
 (32) 優先日 平成27年12月15日 (2015. 12. 15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 110002468
 特許業務法人後藤特許事務所
 (72) 発明者 矢口 竜也
 神奈川県厚木市森の里青山1-1 日産自
 動車株式会社 知的財産部内
 審査官 今井 貞雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アノードガス及びカソードガスの供給を受けて発電する固体酸化物型の燃料電池を備える燃料電池システムであって、

前記アノードガスとなる液体の燃料を蓄える燃料タンクと、

前記燃料タンクと前記燃料電池のアノード電極とを接続するアノード供給路と、

前記燃料電池から排出されるアノードオフガス及びカソードオフガスを燃焼させる排気燃焼器と、

前記燃料タンクと連通し、前記燃料タンク内にて気化した前記燃料を捕集する捕集器と

、

前記捕集器と前記排気燃焼器とを接続する燃料供給路と、を有し、

前記燃料電池システムの停止時には、前記捕集器により捕集された前記燃料が、前記燃料供給路を介して前記排気燃焼器に供給される、

燃料電池システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の燃料電池システムであって、

前記燃料供給路に設けられ、前記捕集器により捕集された前記燃料を前記排気燃焼器へと供給するポンプを、さらに有する、

燃料電池システム。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池システムであって、
前記燃料供給路に設けられた燃料ガス供給弁を、さらに有し、
前記燃料ガス供給弁は、前記燃料電池システムの停止時には、前記燃料電池の温度に応じて制御される、
燃料電池システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の燃料電池システムであって、
前記燃料ガス供給弁は、前記燃料電池システムの停止時には、前記燃料電池の温度が所定の温度を下回る場合に、開かれる、
燃料電池システム。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の燃料電池システムであって、
前記燃料ガス供給弁は、前記燃料電池システムの停止時には、前記燃料電池の温度が低下するほど、開弁量が小さくなるように制御される、
燃料電池システム。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、
前記排気燃焼器からの排気を前記燃料電池システム外へと排気する排気路と、
前記排気路に設けられる排気弁と、をさらに有し、
前記排気弁は、前記燃料電池システムの停止時には、前記燃料電池システム内の圧力に応じて制御される、
燃料電池システム。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の燃料電池システムであって、
前記排気弁は、前記燃料電池システムの停止時には、前記燃料電池システム内の圧力が上限圧力を上回る場合に開かれ、前記燃料電池システム内の圧力が下限圧力を下回る場合に閉じられる、
燃料電池システム。

【請求項 8】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の燃料電池システムであって、
前記排気燃焼器から排気を前記燃料電池システム外へと排気する排気路と、
前記排気路に設けられた排気弁と、
前記捕集器から前記燃料電池システム外へと連通する配管と、
前記配管に設けられた外気弁と、をさらに有し、
前記燃料電池システムの停止時には、前記排気弁及び前記外気弁は、閉じられる、
燃料電池システム。

30

【請求項 9】

請求項 8 に記載の燃料電池システムであって、
前記燃料電池の温度が停止温度を下回る場合には、前記排気弁及び前記外気弁は、開かれる、
燃料電池システム。

40

【請求項 10】

アノードガス及びカソードガスの供給を受けて発電する固体酸化物型の燃料電池と、
前記アノードガスとなる液体の燃料を蓄える燃料タンクと、
前記燃料タンクと前記燃料電池のアノード電極とを接続するアノード供給路と、
前記燃料電池から排出されるアノードオフガス及びカソードオフガスを燃焼させる排気燃焼器と、
前記燃料タンクと連通し、前記燃料タンク内にて気化した前記燃料を捕集する捕集器と、
前記捕集器と前記排気燃焼器とを接続する燃料供給路と、を有する燃料電池システムの

50

制御方法であって、

前記燃料電池システムの停止時には、前記捕集器によって捕集された前記燃料が、前記燃料供給路を介して前記排気燃焼器に供給される、

燃料電池システムの制御方法。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の燃料電池システムの制御方法であって、

前記燃料電池の温度に応じて、前記燃料供給路の導通又は遮断が制御される、

燃料電池システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は燃料電池システム及びその制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一方の側にアノードガスが供給され、他方の側にカソードガス（空気等）が供給されて、比較的高温で動作する固体酸化物型燃料電池（SOFC：Solid Oxide Fuel Cell）が知られている。この SOFC に用いられるアノード電極は、燃料電池システムを停止させて温度が低下すると、酸化しやすくなる性質がある。

【0003】

そこで、例えば、JP 2008-146798A には、燃料電池システムの停止時に、アノードガスの供給を続けることにより、アノード電極の酸化を防止する技術が開示されている。

20

【発明の概要】

【0004】

このような固体酸化物型燃料電池システムでは燃料電池の動作温度が約 800 度と高い。そのため、このような固体酸化物型燃料電池システムにおいて、システム停止要求等に応じてシステム停止制御が実行される時に、燃料電池の温度の温度に応じてアノード電極の酸素分圧が適切に制御されなければ、アノード電極が酸化してしまうおそれがある。

【0005】

本発明の目的は、システム停止中における燃料電池のアノード電極の酸化劣化を抑制することが可能な他の燃料電池システムを提供することである。

30

【0006】

本発明の一態様の燃料電池システムによれば、アノードガス及びカソードガスの供給を受けて発電する固体酸化物型の燃料電池を備える燃料電池システムであって、アノードガスとなる液体の燃料を蓄える燃料タンクと、燃料タンクと燃料電池のアノード電極とを接続するアノード供給路と、燃料電池から排出されるアノードオフガス及びカソードオフガスを燃焼させる排気燃焼器と、燃料タンクと連通し、燃料タンク内にて気化した燃料を捕集する捕集器と、捕集器と排気燃焼器とを接続する燃料供給路とを有する。燃料電池システムの停止時には捕集器によって捕集された燃料が燃料供給路を介して排気燃焼器に供給される。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】図 1 は、第 1 実施形態の燃料電池システムのブロック図である。

【図 2】図 2 は、アノード電極の状態を示す図である。

【図 3】図 3 は、停止制御処理を示すフローチャートである。

【図 4】図 4 は、停止制御処理中の燃料電池システムの状態変化を示す図である。

【図 5】図 5 は、第 2 実施形態の停止制御処理を示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、第 3 実施形態の燃料電池システムのブロック図である。

【図 7】図 7 は、停止制御処理を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

50

【0008】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。

【0009】

(第1実施形態)

図1は、第1実施形態における固体酸化物型燃料電池(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)システムの主要構成を示すブロック図である。

【0010】

SOFCである燃料電池スタック1は、セラミック等の固体酸化物で形成された電解質層を、燃料であるアノードガス(燃料ガス)が供給されるアノード電極(燃料極)と、カソードガス(酸化ガス)として酸素を含む空気が供給されるカソード極(空気極)により挟み込んで構成されたセルを積層したものである。燃料電池スタック1では、アノードガス中に含まれる水素などの燃料とカソードガス中の酸素とを反応させて発電を行い、反応後のアノードガス(アノードオフガス)と反応後のカソードガス(カソードオフガス)を排出する。なお、燃料電池スタック1には温度センサT1及び圧力センサP1が設けられている。

10

【0011】

燃料電池スタック1を備える固体酸化物型燃料電池システム(以後、燃料電池システム100と称す。)には、燃料電池スタック1にアノードガスを供給する燃料供給系統と、燃料電池スタック1にカソードガスを供給する空気供給系統と、燃料電池システム100外にアノードオフガス及びカソードオフガスを排気する排気系統とが設けられている。

20

【0012】

燃料供給系統は、燃料タンク2、燃料ポンプ3、蒸発器4、原料加熱器5、改質器6、キャニスター(捕集器)7、燃料ガスパンプ8、エバポリークチェックモジュール9等を含む。空気供給系統は、カソードコンプレッサー10、空気熱交換器11等を含む。排気系統は、排気燃焼器12等を含む。また、燃料電池システム100は、システム全体の動作を制御する制御部13を備えている。制御部13が、燃料電池システム100の各種機器を制御することで、燃料電池システム100の停止制御が行われる。

【0013】

以下では、それぞれの系統について詳細に説明する。まず、燃料供給系統の詳細について説明する。

30

【0014】

燃料供給系統においては、燃料タンク2に蓄えられている含水エタノールなどの燃料が、経路101を介して燃料ポンプ3から送り出される。そして、燃料ポンプ3から送り出された燃料は、経路102を介して蒸発器4に供給される。蒸発器4は、排気燃焼器12からの排気ガスの熱を利用して、液体の燃料を気化させて燃料ガスを生成する。

【0015】

蒸発器4にて生成された燃料ガスは、経路103を介して原料加熱器5に到達する。原料加熱器5は、排気燃焼器12と隣接して設けられており、排気燃焼器12における発熱を利用して、燃料ガスを改質器6にて改質可能な温度までさらに加熱する。

【0016】

原料加熱器5から経路104を介して改質器6に燃料ガスが到達すると、燃料ガスは、改質器6において、触媒反応によってアノードガスに改質される。そして、アノードガスは、改質器6から経路105を介して燃料電池スタック1のアノード電極に供給される。例えば、燃料が含水エタノールである場合には、アノードガスは、メタン、水素、一酸化炭素などを含んでいる。

40

【0017】

燃料タンク2内には、一部の燃料が気化することによって生じた燃料ガスが存在する。燃料タンク2内の燃料ガスは、経路106を介してキャニスター7に到達する。キャニスター7は、活性炭などにより構成されており、燃料ガスを捕集する。キャニスター7で捕集された燃料ガスは、経路107を通じて燃料ガスパンプ8に到達した後に、燃料ガスポ

50

ンプ 8 によって経路 108 を介して排気燃焼器 12 に供給される。同時に、キャニスター 7 は、必要に応じて、経路 109、110 を介して外気が取り込まれるように構成されている。経路 109、110 には、燃料電池システム 100 外に燃料ガスが排出されるのを監視するエバポリークチェックモジュール 9 が設けられている。エバポリークチェックモジュール 9 が燃料ガスを検出すると、制御部 13 は、燃料ガスが燃料電池システム 100 外に排出されるおそれがある旨を、運転者などに対して警告する。

【0018】

なお、経路 106 には弁 106A が、経路 107 には弁 107A が、経路 108 には弁 108A が、経路 110 には弁 110A が設けられている。これらの弁 106A、107A、108A、及び、110A の開閉は、制御部 13 によって制御される。

10

【0019】

次に、空気供給系統の詳細について説明する。

【0020】

空気供給系統においては、外部から取り込まれたカソードガスである空気は、カソードコンプレッサー 10 によって経路 111 から燃料電池システム 100 内に取り込まれ、まず、空気熱交換器 11 に到達する。なお、経路 111 には、制御部 13 によって制御可能な弁 111A が設けられている。

【0021】

空気熱交換器 11 は、排気燃焼器 12 からの排気ガスの熱を利用して、カソードガスを加熱する。空気熱交換器 11 により加熱されたカソードガスは、経路 112 を介して燃料電池スタック 1 に供給される。

20

【0022】

このようにして、燃料電池スタック 1 には、燃料供給系統からアノードガスが供給されるとともに、空気供給系統からカソードガスが供給される。そして、燃料電池スタック 1 では、アノードガスとカソードガスとが反応して発電が行われ、アノードオフガス及びカソードオフガスが排気系統を介して燃料電池システム 100 外に排出される。

【0023】

次に、排気系統の詳細について説明する。

【0024】

燃料電池スタック 1 からは、経路 121 を介してアノードオフガスが排出され、経路 122 を介してカソードオフガスが排出される。アノードオフガス及びカソードオフガスは、排気燃焼器 12 において酸化触媒反応によって燃焼されて、排気ガスとして排出される。燃焼に伴って発生する熱は、排気燃焼器 12 に隣接する原料加熱器 5 に伝達される。排気ガスは、経路 123 を介して蒸発器 4 に到達した後に、経路 124 を介して空気熱交換器 11 に到達する。そして、排気ガスは、経路 125 から燃料電池システム 100 の外部に排出される。なお、経路 125 には弁 125A が設けられている。

30

【0025】

排気燃焼器 12 は、コージェライトなどの触媒担体と概担体に酸化触媒を担持させた構成となっており、アノードオフガスとカソードオフガスを混合し、その混合ガスを酸化触媒を介して燃焼させ、二酸化炭素や水を主成分とする排気ガスを生成する。排気燃焼器 12 には、経路 115 を介してカソードガス（空気）が供給可能であるとともに、経路 108 を介して燃料ガスが供給可能である。経路 108 には弁 108A が設けられている。制御部 13 は、弁 108A を用いて排気燃焼器 12 に供給される燃料ガスの供給量を調整し、排気燃焼器 12 における触媒燃焼反応を制御する。なお、排気燃焼器 12 には、温度センサ T2 が設けられている。

40

【0026】

なお、制御部 13 は、燃料電池システム 100 の各構成や各系統における弁などを制御することで、燃料電池システム 100 全体を制御する。なお、制御部 13 は、中央演算装置（CPU）、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）及び入出力インタフェース（I/O インタフェース）を備えたマイクロコンピュータで構成さ

50

れる。

【0027】

ここで、燃料電池スタック1のアノード電極の状況について図2を用いて説明することによって、本願発明の原理を説明する。

【0028】

図2は、アノード電極の酸化状況を示す図である。横軸にはアノード電極における酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が示されており、縦軸には燃料電池スタック1の温度 T_1 が示されている。

【0029】

ここで、ニッケルなどの金属で構成されるアノード電極は、温度 T_1 が高いほど、酸化して劣化しやすい性質がある。すなわち、温度 T_1 が高く、かつ、酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が高い場合には、燃料電池スタック1のアノード電極は酸化しやすい。図2においては、温度 T_1 と酸素分圧 $P_{a_O_2}$ とにより定まる場所が、図中右上に位置する酸化領域となる場合には、アノード電極が酸化するおそれが高いことが示されている。

【0030】

一方、温度 T_1 が低く、かつ、酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が低い場合には、燃料電池スタック1のアノード電極は酸化しにくい。すなわち、図2においては、温度 T_1 と酸素分圧 $P_{a_O_2}$ とにより定まる場所が、図中左下に位置する非酸化領域となる場合には、アノード電極が酸化するおそれが低いことが示されている。

【0031】

ここで、本実施形態においては、燃料電池システム100の停止制御処理が開始するタイミングで、カソードガス及びアノードガスの供給が停止されるものとする。このようにすることにより、燃料電池スタック1は強制的に冷却されず、自然冷却されることになる。

【0032】

燃料電池システム100の停止制御処理は、車両のスタートボタンの再押下や、燃料電池スタック1において発電された電力が蓄えられるバッテリーが満充電となった状態から開始される。そして、燃料電池システム100の自然冷却が終わり、燃料電池システム100の各種構成の制御が完了するタイミングで、停止制御処理は終了する。また、燃料電池システム100の停止制御処理であるシステム停止制御は、システム停止中に実行される制御であり、システム停止中とはシステム停止制御の開始から次のシステム起動時までの期間を意味する。

【0033】

ここで図2を参照すると、車両のスタートボタンの再押下などが行われて燃料電池システム100が停止制御処理を開始した状態（状態A）から、燃料電池システム100の冷却が完了した状態（状態C）までの間の遷移の様子が示されている。従って、この状態Aから状態Cに遷移するまでの間に、燃料電池システム100においては停止制御処理が行われることになる。

【0034】

燃料電池システム100の停止制御処理を開始した直後の状態Aにおいては、温度 T_1 が高くかつ酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が低い。その状態から、燃料電池スタック1が冷却するとともに、燃料電池スタック1内に大気が入り込むので、状態Cのように、温度 T_1 が低くかつ酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が低い状態となる。

【0035】

ここで、温度 T_1 の低下速度に対して酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の増加速度が早ければ、酸化領域に含まれる状態B'のような温度 T_1 が高くかつ酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が高い状態を経てしまい、アノード電極が酸化劣化するおそれがある。しかしながら、温度 T_1 に応じて酸素分圧 $P_{a_O_2}$ を制御することで、非酸化領域に含まれる状態Bのような、温度 T_1 が低くかつ酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が低い状態を経るようにすることができれば、アノード電極の劣化を抑制することができる。

【0036】

そこで、制御部13は、温度T1と酸素分圧Pa_{__}O2とにより定まる場所が常に非酸化領域となるように、燃料電池システム100が自然冷却されている間、アノード電極の酸素分圧Pa_{__}O2を制御する。以下では、このような制御の詳細について説明する。

【0037】

なお、図2においては、大気での酸素分圧Pairが示されている。ここで、燃料電池システム100の停止制御処理が開始されてから、燃料電池スタック1の自然冷却が完了するまでの間に、アノード電極の酸素分圧Pa_{__}O2は、ゼロに近い値から大気での酸素分圧Pairまで遷移する。そのため、アノード電極の酸素分圧Pa_{__}O2は大気での酸素分圧Pairを上回ることはない。

10

【0038】

したがって、燃料電池スタック1の温度が、酸化領域と非酸化領域との境界における大気での酸素分圧Pairに対応する温度Tc1を下回ると、アノード電極が酸化するおそれがないことになる。そのため、燃料電池スタック1の温度が温度Tc1を下回ると、アノード電極が酸化されるおそれが少ないと判断され、燃料電池システム100の停止制御処理を終了することができる。以下では、このような温度Tc1を、停止温度Tc1と称するものとする。

【0039】

図3は、本実施形態の停止制御処理のフローチャートである。燃料電池システム100の停止制御は、燃料電池システム100に対する停止要求(運転者のキーオフ操作等による停止要求)後に実行される。

20

【0040】

ステップS31においては、燃料ポンプ3及びカソードコンプレッサー10が停止されて、弁111Aが閉じられる。このようにすることで、燃料電池スタック1へのカソードガス及びアノードガスの供給が停止される。以降では、燃料電池スタック1は、燃料供給系統に残るアノードガス、及び、空気供給系統に残るカソードガスによってのみ発電されることになる。

【0041】

ステップS32においては、温度センサT1にて取得される燃料電池スタック1の温度T1が停止温度Tc1以上であるか否かを判定する。そして、燃料電池スタック1の温度T1が停止温度Tc1以上ある場合には(S32:Yes)、アノード電極の酸素分圧Pa_{__}O2の制御が必要と判断して、ステップS33に進む。一方、燃料電池スタック1の温度T1が停止温度Tc1よりも小さい場合には(S32:No)、燃料電池スタック1は十分に冷却されておりアノード電極の酸素分圧Pa_{__}O2の制御が不要と判断して、ステップS37に進む。

30

【0042】

ステップS33においては、温度センサT2にて取得される排気燃焼器12の温度T2が排気燃焼器12の触媒動作温度Tc2以上であるか否かを判定する。また、排気燃焼器12は所定の温度(触媒動作温度Tc2)以下になると触媒酸化反応が進行しにくくなる。そのため、温度T2が触媒動作温度Tc2以上である場合には(S33:Yes)、排気燃焼器12の加温は不要と判断して、ステップS34に進む。一方、温度T2が所定の温度Tc2よりも大きい場合には(S33:No)、排気燃焼器12の加熱が必要と判断して、ステップS36に進む。

40

【0043】

ステップS34においては、燃料ガスパンプ8を始動させる。このように燃料ガスパンプ8を起動することにより、キャニスター7にて捕集された燃料ガスが排気燃焼器12に供給可能な状態となる。

【0044】

ステップS35は、ステップS34の処理後に、燃料電池スタック1が図2に示された非酸化領域を維持するように、燃料電池スタック1の温度T1に応じて、弁108Aを制

50

御する。具体的には、排気燃焼器 1 2 にはキャニスター 7 にて捕集された燃料ガスが供給されるので、燃料ガスと経路 1 2 2 などに残るカソードオフガスに含まれる酸素とが触媒燃焼する。したがって、排気燃焼器 1 2 において酸素が消費されるので、排気燃焼器 1 2 を経由して燃料電池スタック 1 のアノード電極へと拡散又は逆流する酸素が減少し、アノード電極の酸素分圧 $P_{a_O_2}$ を低下することができる。なお、S 3 5 における詳細な動作は、図 4 を用いて説明する。

【0045】

ステップ S 3 6 においては、排気燃焼器 1 2 の温度が、触媒動作温度 T_{c2} 以上となるように、排気燃焼器 1 2 を暖気する。たとえば、排気燃焼器 1 2 に設けられた不図示のヒーターを用いて暖気を行う。

10

【0046】

ステップ S 3 7 においては、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 が停止温度 T_{c1} を下回っているため、アノード電極は十分に冷却されており酸化するおそれが少ないと判断して、燃料ガスポンプ 8 を停止する。

【0047】

図 4 は、図 3 に示した停止制御処理における弁 1 0 8 A の制御 (S 3 5) が行われた場合の燃料電池スタック 1 の状態の説明図の一例である。図 4 (a) ~ (c) の図のいずれも、横軸に時間 t が示されており、燃料電池スタック 1 の状態の経時的な変化が示されている。図 4 (a) は、温度センサ T_1 によって取得される燃料電池スタック 1 の温度 T_1 を示す図である。図 4 (b) は、アノード電極の酸素分圧 $P_{a_O_2}$ を示す図である。点線は、弁 1 0 8 A が閉じられたままでありキャニスター 7 により捕集された燃料ガスが排気燃焼器 1 2 に供給されない場合を示す。一方、実線は、S 3 5 の制御が行われて弁 1 0 8 A の開弁量が制御されてキャニスター 7 により捕集された燃料ガスが排気燃焼器 1 2 に供給される場合を示す。図 4 (c) は、S 3 5 において制御される弁 1 0 8 A の開弁量を示す。

20

【0048】

図 4 (a) を参照すると、燃料電池システム 1 0 0 の停止制御処理後には、自然冷却が進行して、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 は徐々に低下している。

【0049】

図 4 (b) を参照すると、点線で示されたように弁 1 0 8 A が閉じられたままである場合には、時刻 t_a において、経路 1 2 5 から燃料電池システム 1 0 0 内へ逆流及び逆拡散する大気が排気燃焼器 1 2 を介して燃料電池スタック 1 のアノード極に到達するので、酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の上昇が開始する。なお、このような逆流及び逆拡散の状態は、燃料電池システム 1 0 0 内の温度に応じて変化する。

30

【0050】

燃料電池システム 1 0 0 内の温度は、燃料電池スタック 1 の温度とみなすことができる。そこで、本実施形態においては、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 が、図 4 (a) に示された時刻 t_a と対応する温度 T_x になると、図 4 (c) に示されるように、弁 1 0 8 A を開く。このようにすることで、キャニスター 7 にて捕集された燃料ガスが排気燃焼器 1 2 に供給されるので、排気燃焼器 1 2 にて燃料ガスと酸素との酸化触媒反応が進行し、排気システム内の酸素が消費される。そのため、図 4 (b) にて実線で示されたように、弁 1 0 8 A を制御する場合の方が、点線で示された弁 1 0 8 A を制御しない場合よりも、酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の上昇を抑制することができる。

40

【0051】

さらに、時刻 t_a 後において、時刻 t_b になると、経路 1 2 5 から燃料電池システム 1 0 0 内への大気の逆流及び逆拡散のペースが緩やかになる。そこで、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 が、図 4 (a) に示された時刻 t_b と対応する温度 T_y になると、図 4 (c) に示されているように、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 の低下に伴って、弁 1 0 8 A の開弁量を緩やかに減少させる。

【0052】

50

そして、時刻 t_c においては、図 4 (b) に示すように、アノード電極の酸素分圧 $P_{a_O_2}$ が大気での酸素分圧 P_{air} と等しくなり、燃料電池システム 100 の自然冷却が終了する。このようにして、図 2 に示したように、温度 T_1 の低下速度に対して酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の増加速度が適切に制御されることになるので、酸化領域を経由せずに燃料電池スタック 1 を冷却できる。したがって、燃料電池スタック 1 のアノード電極の劣化を抑制しながら、燃料電池システム 100 を停止させることができる。

【0053】

第 1 実施形態の燃料電池システム 100 によって、以下の効果を得ることができる。

【0054】

燃料電池スタック 1 のアノード電極は、高温状態で大気に触れると酸化しやすいという性質を有する。そのため、燃料電池システム 100 の停止制御処理の開始直後においては、燃料電池スタック 1 が高温であるためアノード電極が酸化しやすい。そのような状態で、経路 125、124、123 を介して排気燃焼器 12 に到達した空気が、経路 121 を介して燃料電池スタック 1 のアノード電極に到達してしまうと、アノード電極が酸化劣化してしまう。そこで、アノード電極の酸素分圧を低下させる必要がある。

【0055】

第 1 実施形態の燃料電池システム 100 によれば、経路 101、102、103、104、105 (アノード供給路) を介して燃料電池スタック 1 にアノードガスが供給されるのに加えて、キャニスター 7 によって捕集された燃料タンク 2 内の燃料ガスは、経路 107、108 (燃料供給路) を介して、排気燃焼器 12 に供給される。このようにすることによって、排気燃焼器 12 において酸素が触媒燃焼反応によって消費されることになるので、燃料電池スタック 1 のアノード電極に到達する酸素を減少することができる。したがって、アノード電極の酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の上昇を抑制することができるので、アノード電極の酸化を防止することができる。

【0056】

また、第 1 実施形態の燃料電池システム 100 によれば、燃料ガスポンプ 8 によって、キャニスター 7 にて捕集された燃料ガスが、排気燃焼器 12 に供給される。このようにすることで、さらに排気燃焼器 12 に燃料ガスが供給されやすくなるので、アノード電極の酸素分圧 $P_{a_O_2}$ の上昇が抑制され、アノード電極の酸化を防止することができる。

【0057】

また、第 1 実施形態の燃料電池システム 100 によれば、燃料電池スタック 1 の温度に応じて、弁 (燃料ガス供給弁) 108A の開閉を制御する。制御部 13 は、図 4 に示されたような、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 と対応する開弁量を記憶している。そこで、温度 T_1 が到達温度 T_x に達した時点から弁 108A の開弁量を大きくする。そして、温度 T_1 が T_y に達した後においては徐々に弁 108A の開弁量を小さくする。このようにすることで、キャニスター 7 にて捕集された燃料ガスを排気燃焼器 12 に適切に供給することができる。したがって、燃料ガスを不要に供給することなくアノード電極の酸素分圧を低下させることができるので、燃料電池スタック 1 のアノード電極の酸化を防止することができる。

【0058】

(第 2 実施形態)

第 1 実施形態においては、燃料電池スタック 1 の温度 T_1 に応じて燃料ガスポンプ 8 や弁 108A などの制御を行ったが、これに限らない。第 2 実施形態においては、さらに、燃料電池スタック 1 内の圧力 P_1 に応じた制御を行う例について説明する。

【0059】

図 5 は、第 2 実施形態の燃料電池システム 100 の制御を示すフローチャートである。この図に示されたフローチャートは、図 3 に示された第 1 実施形態におけるフローチャートと比較すると、ステップ S31 の処理と S32 の処理との間にステップ S51 の処理が追加されている点と、ステップ S35 の処理の後にステップ S52～S54 の処理が追加されている点とが異なる。

【0060】

まず、停止制御処理が開始されると、ステップS51において、弁125Aが閉じられる。このようにすることで、経路125からの大気の逆流が抑制されるので、アノード電極の酸素分圧 P_{a_O2} の上昇が抑制される。

【0061】

ここで、弁125Aが閉じられた状態においては、燃料電池システム100の温度の低下に伴って、燃料電池スタック1の圧力P1が低下する。一方で、キャニスター7にて捕集された燃料ガスが排気燃焼器12に供給されると、触媒燃焼反応が進行することにより、燃料ガスと空気とが反応して排気ガスが発生するので、燃料電池スタック1の圧力P1が上昇する。

10

【0062】

また、燃料電池スタック1内の圧力P1によっては、燃料電池スタック1が物理的に劣化してしまうおそれがある。そこで、ステップS52～54においては、圧力P1に応じて、弁125Aが制御される。以下においては、燃料電池スタック1が物理的劣化するおそれが高くなる圧力P1が上限であり、かつ、燃料電池スタック1が物理的劣化するおそれがなくなったと判断できる圧力P1を下限とした圧力範囲が、S52～S54の処理にて用いられる。

【0063】

ステップS52においては、燃料電池スタック1内の圧力P1が適切な範囲の上限圧力 P_{max} 以上であるか判定する。圧力P1が上限圧力 P_{max} 以上である場合には（S52：Yes）、燃料電池スタック1が物理的劣化するおそれがあり、圧力P1を下げる必要があると判断して、ステップS53へと進む。一方、圧力P1が上限圧力 P_{max} より低い場合には（S52：No）、圧力P1を下げる必要がないと判断して、ステップS32へと戻る。

20

【0064】

ステップS53においては、弁125Aを開く。このようにすることで、燃料電池スタック1内の圧力P1が下がり、上限圧力 P_{max} 以下となる。

【0065】

ステップS54においては、燃料電池スタック1内の圧力P1が下限圧力 P_{min} 以下であるか判定する。圧力P1が下限圧力 P_{min} 以下である場合には（S54：Yes）、すでに、燃料電池スタック1が物理的劣化するおそれが低減したと判断して、ステップS51へと進む。一方、圧力P1が下限圧力 P_{min} より高い場合には（S54：No）、圧力P1を下げ続ける必要があると判断して、ステップS54の判断を続ける。

30

【0066】

第2実施形態の燃料電池システム100によって以下の効果を得ることができる。

【0067】

第2実施形態の燃料電池システム100によれば、燃料電池スタック1にかかる圧力に応じて、弁（排気弁）125Aを操作する。弁125Aが閉じられている間は、燃料電池システム100外からの大気の流入が抑制されることになる。したがって、キャニスター7から排気燃焼器12に燃料ガスが供給されて酸素が消費されるのに加えて、燃料電池システム100内への大気の流入が抑制される。そのため、燃料電池スタック1のアノード電極の酸素分圧の上昇がさらに抑制され、アノード電極の酸化劣化を防ぐことができる。

40

【0068】

また、燃料電池スタック1にかかる圧力が高くなりすぎると、燃料電池スタック1が物理的に劣化されるおそれがある。そこで、燃料電池スタック1内の圧力P1が上限圧力 P_{max} よりも大きくなった場合には（S52：No）、弁125Aを開く（S53）。その後、燃料電池スタック1内の圧力P1が下限圧力 P_{min} よりも小さくなった場合には（S54：Yes）、弁125Aを閉じる（S51）。このようにすることにより、燃料電池スタック1が物理的劣化するのを抑制しながら、燃料電池スタック1外からの大気の流入を抑制することで、アノード電極の酸化劣化を抑制することができる。

50

【0069】

(第3実施形態)

第1実施形態においては、燃料ガスパンプ8が設けられている例について説明したがこれに限らない。第3実施形態においては、燃料ガスパンプ8を設けない例について説明する。

【0070】

図6は、第3実施形態の燃料電池システム100のブロック図である。この図に示された概略構成図は、図1に示された第1実施形態におけるブロック図と比較すると、燃料ガスパンプ8が削除されている点異なる。

【0071】

図7は、第3実施形態の燃料電池システム100の制御を示すフローチャートである。この図に示されたフローチャートは、図3に示された第1実施形態におけるフローチャートと比較すると、ステップ31の前段にステップS71が追加されている点と、ステップS34、35、及び、37が削除されている点と、終了処理の前段にステップS72が追加されている点異なる。

【0072】

ステップS71においては、弁110A、125Aが閉じられることで、燃料電池システム100への外気の流入が抑制される。このような状態で、燃料電池システム100が冷却されると、燃料電池システム100内にて気圧が低下して負圧が発生する。そのため、キャニスター7にて捕集された燃料ガスが自発的に経路108を介して排気燃焼器12

【0073】

そして、燃料電池スタック1の温度T1が停止温度Tc1を下回ると(S32:No)、ステップS72の処理が行われる。S72においては、弁110A、125Aが開かれる。この状態では、燃料電池スタック1が十分に冷却されているため、アノード電極は大気と接触しても酸化劣化するおそれがない。そのため、弁を開放して、燃料電池システム100を停止することができる。

【0074】

第3実施形態の燃料電池システム100によって以下の効果を得ることができる。

【0075】

第3実施形態によれば、燃料電池システム100を停止させる時には、弁125A(排気弁)と、弁110A(外気弁)とを閉じる。このようにすることにより、燃料電池システム100内が密閉されることになる。ここで、燃料電池システム100が停止した後は、燃料電池スタック1における発電が停止されるので、燃料電池システム100の温度の低下が開始される。密閉された状態で温度が低下すると、圧力が低下して負圧が発生する。そのような状態においては、キャニスター7に捕集された燃料ガスは、自発的にキャニスター7外に供給されるので、経路108を経て排気燃焼器12に供給される。このように、燃料ガスパンプ8を設けることなく排気燃焼器12に燃料ガスを供給することができるので、燃料電池システム100の構成を簡略化することができる。

【0076】

また、第3実施形態によれば、燃料電池スタック1が十分に冷却された場合には(S32:No)、弁125A、及び、弁110Aを開く。図2に示したように、燃料電池スタックの温度T1が停止温度Tc1を下回る場合には、カソード電極の酸素分圧Pa_{CO2}が大気での酸素分圧Pairとなっても、カソード電極劣化するおそれがない。そのため、弁110A、125Aを開き、燃料電池システム100を定常状態とすることにより、燃料電池スタック1には積極的に負圧がかからなくなるので、燃料電池スタック1の物理的劣化を抑制することができる。

【0077】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではな

10

20

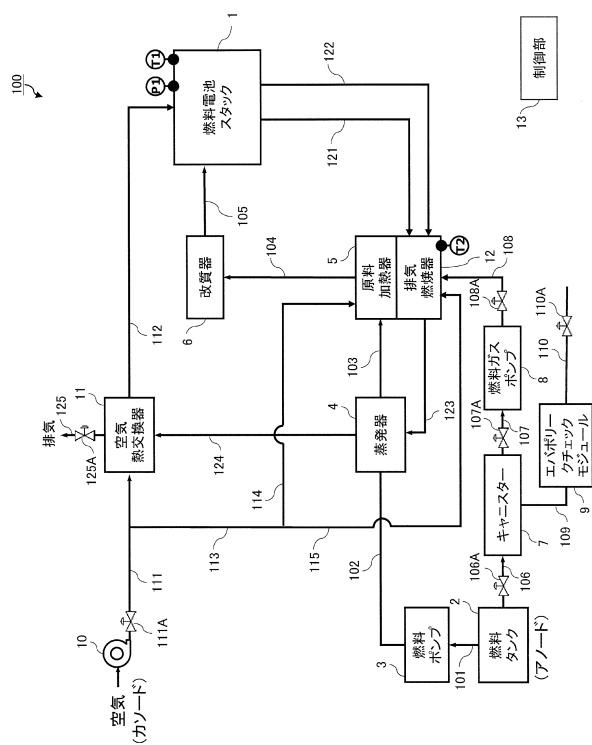
30

40

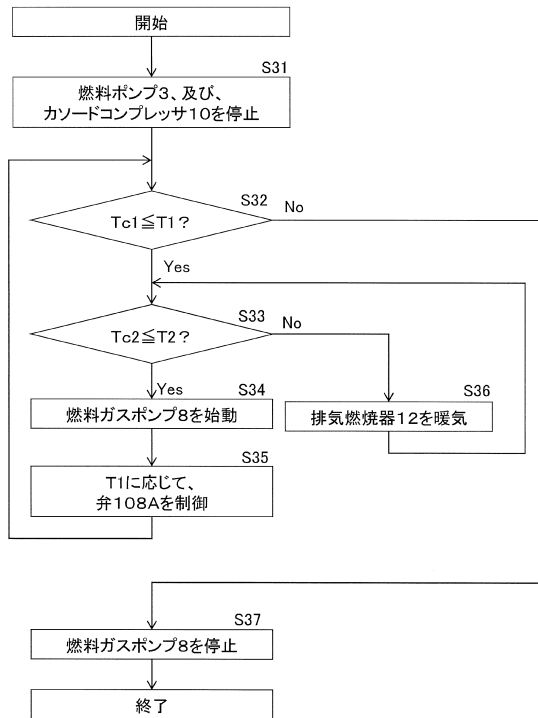
50

【 0 0 7 8 】

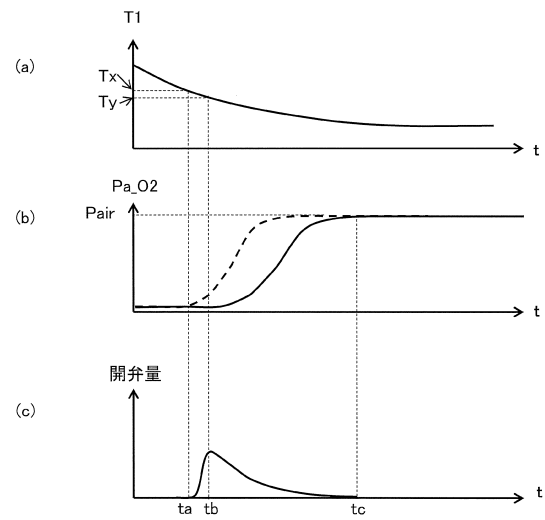
【図 1】



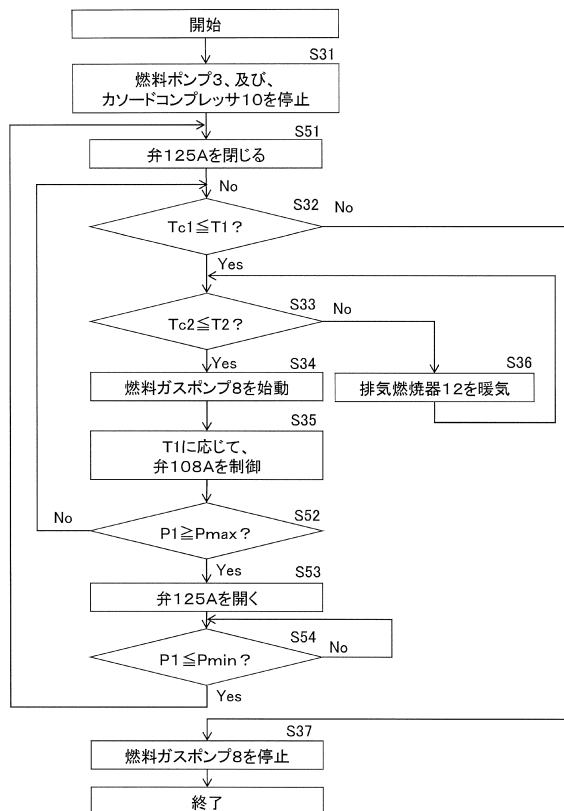
【図 3】



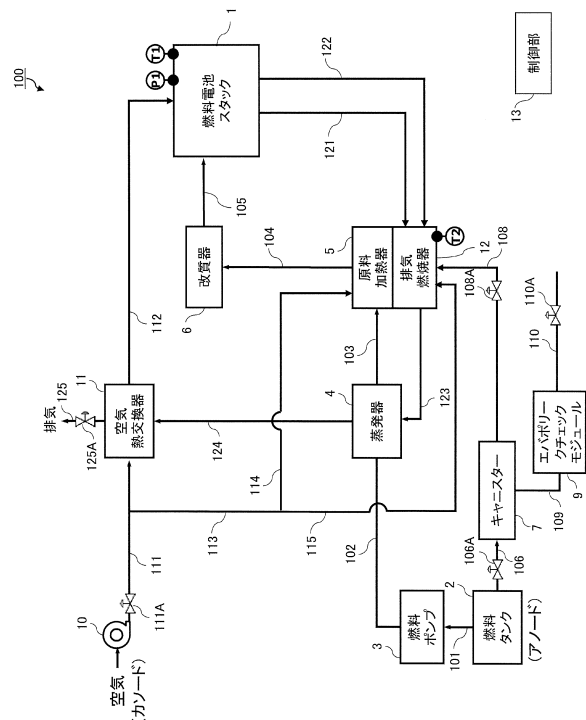
【図 4】



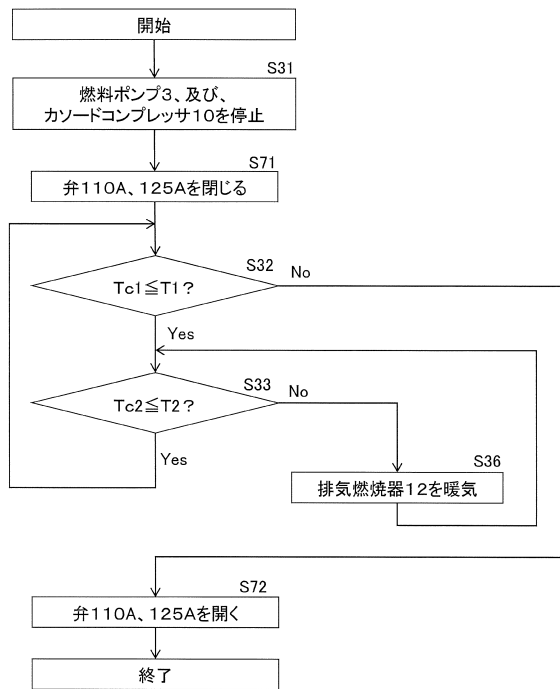
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 1 M	8/0438	(2016.01)	H 0 1 M	8/0438	
H 0 1 M	8/04	(2016.01)	H 0 1 M	8/04	N

(56)参考文献 特開2012-134046 (JP, A)
特開2003-187835 (JP, A)
特開2004-103453 (JP, A)
特開2009-238618 (JP, A)
特開2000-192863 (JP, A)
特開2002-093439 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 M 8/00-8/2495