

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7533101号
(P7533101)

(45)発行日 令和6年8月14日(2024.8.14)

(24)登録日 令和6年8月5日(2024.8.5)

(51)国際特許分類		F I			
H 0 1 M	8/04014(2016.01)	H 0 1 M	8/04014		
C 0 1 B	3/02 (2006.01)	C 0 1 B	3/02	H	
C 2 5 B	1/04 (2021.01)	C 2 5 B	1/04		
C 2 5 B	15/02 (2021.01)	C 2 5 B	15/02		
H 0 1 M	8/04 (2016.01)	H 0 1 M	8/04	J	
請求項の数 2 (全15頁) 最終頁に続く					
(21)出願番号 特願2020-170705(P2020-170705)		(73)特許権者 000004260			
(22)出願日 令和2年10月8日(2020.10.8)		株式会社デンソー			
(65)公開番号 特開2022-62588(P2022-62588A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地			
(43)公開日 令和4年4月20日(2022.4.20)		(74)代理人 110000648			
審査請求日 令和5年3月9日(2023.3.9)		弁理士法人あいち国際特許事務所			
		(72)発明者 土肥 康俊			
		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式			
		会社デンソー内			
		(72)発明者 金子 卓			
		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式			
		会社デンソー内			
		(72)発明者 野口 仁志			
		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式			
		会社デンソー内			
		審査官 藤森 一真			
		最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】
発電動作と電解動作とを切り替えて運転することができる燃料電池システム（1）であって、
アノード流路（21）とカソード流路（22）とを有する燃料電池（2）と、
上記アノード流路から排出されたアノードオフガスと上記カソード流路から排出されたカソードオフガスを混合して燃焼させる燃焼器（3）と、
水素を含む上記アノードオフガスを回収する回収流路（4）と、
を有し、
上記電解動作時において、上記回収流路を流れる上記アノードオフガスの熱を、上記燃料電池へ移動させることができるよう構成されており、
上記回収流路の一部が、上記燃料電池に設けられた熱交換部（23）内を通過している、燃料電池システム。
【請求項2】
上記回収流路には、上記アノードオフガスの流れを制御する回収制御弁（41）が設け
てある、請求項1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する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池システムとして、発電動作と電解動作とを切り替えて行うことができるものが、特許文献1に開示されている。すなわち、水素を酸素と反応させて発電する発電動作と、水を電気分解して水素を生成する電解動作とを、同じ燃料電池にて行うことができる。この燃料電池システムは、アノードオフガスとカソードオフガスとを混合して燃焼させる燃焼器を有する。そして、特許文献1には、燃焼器から出た燃焼後の排ガスの熱によって、カソードに供給される酸化剤ガスを予熱する構成が開示されていると考えられる。これにより、酸化剤ガスを介して燃焼後のガスの熱を燃料電池に与えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-537782号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記構成は、燃焼後の排ガスの熱を燃料電池に与えるものである。それゆえ、燃料電池に与える熱を生じさせるために、アノードオフガスに含まれる水素を消費していることとなる。それゆえ、電解動作における水素の回収率が低下する。したがって、酸化剤ガスを介して燃料電池に熱を供給できても、全体として、エネルギー効率を高くすることが困難である。

【0005】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、エネルギー効率を向上させることができる燃料電池システムを提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様は、発電動作と電解動作とを切り替えて運転することができる燃料電池システム(1)であって、

アノード流路(21)とカソード流路(22)とを有する燃料電池(2)と、

上記アノード流路から排出されたアノードオフガスと上記カソード流路から排出されたカソードオフガスとを混合して燃焼させる燃焼器(3)と、

水素を含む上記アノードオフガスを回収する回収流路(4)と、
を有し、

上記電解動作時において、上記回収流路を流れる上記アノードオフガスの熱を、上記燃料電池へ移動させることができるよう構成されており、

上記回収流路の一部が、上記燃料電池に設けられた熱交換部(23)内を通過している、燃料電池システムにある。

【発明の効果】

【0007】

上記燃料電池システムは、上記電解動作時において、上記回収流路を流れる上記アノードオフガスの熱を、上記燃料電池へ移動させることができるよう構成されている。それゆえ、回収される水素を含むアノードオフガスの熱を、燃料電池に与えることとなる。そのため、燃料電池に熱を与えるために水素を消費することがない。つまり、水素の回収率を低下させることなく、燃料電池に熱を与えることができる。その結果、燃料電池システム全体として、エネルギー効率を向上させることができる。

【0008】

以上のごとく、上記態様によれば、エネルギー効率を向上させることができる燃料電池システムを提供することができる。

なお、特許請求の範囲及び課題を解決する手段に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本発明の技術的範囲を限定す

10

20

30

40

50

るものではない。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】参考形態1における、燃料電池システムの説明図。

【図2】参考形態2における、燃料電池システムの説明図。

【図3】参考形態3における、燃料電池システムの説明図。

【図4】実施形態4における、燃料電池システムの説明図。

【図5】参考形態5における、発電動作時の燃料電池システムの説明図。

【図6】参考形態5における、電解動作時の燃料電池システムの説明図。

【図7】参考形態6における、燃料電池システムの説明図。

【図8】参考形態7における、燃料電池システムの説明図。

【図9】参考形態8における、燃料電池システムの説明図。

【図10】参考形態9における、燃料電池システムの説明図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(参考形態1)

燃料電池システムに係る参考形態について、図1を参照して説明する。

本形態の燃料電池システム1は、発電動作と電解動作とを切り替えて運転することができる燃料電池システムである。

【0011】

燃料電池システム1は、図1に示すごとく、燃料電池2と燃焼器3と回収流路4とを有する。燃料電池2は、アノード流路21とカソード流路22とを有する。燃焼器3は、アノード流路21から排出されたアノードオフガスとカソード流路22から排出されたカソードオフガスを混合して燃焼させる。回収流路4は、水素を含むアノードオフガスを回収する。

【0012】

そして、燃料電池システム1は、電解動作時において、回収流路4を流れるアノードオフガスの熱を、燃料電池2へ移動させることができるよう構成されている。

【0013】

発電動作は、燃料電池2において、水素を燃料として電気エネルギーを生み出す動作である。電解動作は、燃料電池2において、電気エネルギーによって、水蒸気から水素を生成する動作である。

【0014】

回収流路4は、アノードオフガスの一部を回収する。そして、回収したアノードオフガスに含まれる水素は、例えば、当該燃料電池システム1において再利用される。本形態においては、燃料電池2のアノード流路21と燃焼器3とは、アノード排出路13にて接続されている。また、燃料電池2のカソード流路22と燃焼器3とは、カソード排出路14にて接続されている。

【0015】

回収流路4とアノード排出路13とは、アノード流路21から引き出され、途中で互いに分岐している。ここで、アノード流路21に接続されたアノード排出路13と回収流路4との共通部分は、アノード排出路13でもあり、回収流路4でもある。

【0016】

本形態の燃料電池システム1において、回収流路4には、アノードオフガスの流れを制御する回収制御弁41が設けてある。回収制御弁41は、アノード排出路13との分岐部よりも下流側の回収流路4に設けてある。回収制御弁41は、回収するアノードオフガスの回収量を制御する。回収制御弁41は、例えば、開閉のみが制御可能で、回収流路4におけるアノードオフガスの回収を行うか行わないかの2段階のみの制御ができるような構成とすることができる。あるいは、回収制御弁41は、例えば、開閉のみならず、回収流路4におけるアノードオフガスの流量を増減させるよう構成することもできる。回収制御

10

20

30

40

50

弁 4 1 は、例えば、電磁弁等にて構成することができる。

【 0 0 1 7 】

また、燃料電池システム 1 は、アノード供給路 1 1 及びカソード供給路 1 2 を有する。アノード供給路 1 1 は、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 に供給されるアノード供給ガスが流れる流路である。カソード供給路 1 2 は、燃料電池 2 のカソード流路 2 2 に供給されるカソード供給ガスが流れる流路である。

【 0 0 1 8 】

アノード供給路 1 1 には、例えば、メタンを主成分とする炭化水素系の燃料ガス F が導入される。燃料ガス F としては、例えば、都市ガスを用いることができる。また、アノード供給路 1 1 には、水蒸気供給路 1 1 1 が接続され、燃料ガス F に水蒸気 W が合流するよう構成されている。また、アノード供給路 1 1 には、改質器 1 1 2 が設けてある。改質器 1 1 2 においては、燃料ガス F が改質され、水素が生成される。このとき、燃料ガスの改質に、水蒸気を利用される。すなわち、本形態において、改質器 1 1 2 は、水蒸気改質反応によって水素を生成する。

【 0 0 1 9 】

カソード供給路 1 2 には、酸化剤ガス A が導入される。本形態において、酸化剤ガス A としては空気を用いる。

回収流路 4 とカソード供給路 1 2 との間には、カソード予熱器 4 2 が設けてある。カソード予熱器 4 2 は、アノードオフガスの熱によってカソード供給ガスを予熱する。予熱されたカソード供給ガス（すなわち、予熱された酸化剤ガス）は、燃料電池 2 のカソード流路 2 2 に供給される。これにより、燃料電池 2 に熱が供給される。すなわち、電解動作時には、カソード供給ガスである酸化剤ガスを介して、アノードオフガスの熱が、燃料電池 2 に移動する。

【 0 0 2 0 】

燃料電池 2 は、アノード流路 2 1 とカソード流路 2 2 との間に配設された電解質体を有している。本形態においては、電解質体として固体酸化物セラミックスを用いた、固体酸化物型燃料電池（すなわち、S O F C）を、燃料電池 2 とすることができる。この場合、電解動作時には、燃料電池 2 は、固体酸化物型電解セル（すなわち、S O E C）となる。

【 0 0 2 1 】

発電動作においては、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 に、水素を含むアノード供給ガスが供給され、カソード流路 2 2 に、酸素を含む酸化剤ガスであるカソード供給ガスが供給される。これにより、燃料電池 2 の電解質体において、水素と酸素とを反応させ、電気エネルギーを生じさせる。アノード流路 2 1 において反応に用いられなかった余剰の水素を含むアノードオフガスは、アノード排出路 1 3 に排出される。また、カソード流路 2 2 において反応に用いられなかった余剰の酸素を含むカソードオフガスは、カソード排出路 1 4 に排出される。

【 0 0 2 2 】

発電動作時には、回収流路 4 における回収制御弁 4 1 を閉じておく。これにより、アノードオフガスは燃焼器 3 に導入される。また、カソードオフガスも燃焼器 3 に導入される。燃焼器 3 において、アノードオフガス中の水素とカソードオフガス中の酸素とが混合され、燃焼する。

【 0 0 2 3 】

電解動作においては、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 に、水蒸気を含むアノード供給ガスが供給される。電解動作時における水蒸気の供給量は、発電動作における水蒸気の供給量よりも多い。また、電解動作においても、アノード供給ガスには、水素を含む燃料ガスが含まれている。これにより、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 を還元雰囲気を保つことができる。また、電解動作において、燃料電池 2 のカソード流路 2 2 には、酸化剤ガスであるカソード供給ガスが供給される。

【 0 0 2 4 】

そして、燃料電池 2 における電解質体に電力を供給することで、水蒸気が電気分解され、水素が生成される。このときの燃料電池 2 の電解質体における電解反応は、吸熱反応である。それゆえ、電解動作時には、電解質体に熱を供給する必要も生じるが、後述のように予熱されたカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）が燃料電池 2 に供給されることで、電解質体に熱も供給されることとなる。

【0025】

生成された水素は、アノード流路 21 から、アノードオフガスとして、アノード排出路 13 に排出される。この水素を含むアノードオフガスの一部が、回収流路 4 を介して回収される。つまり、電解動作時には、回収制御弁 41 を開放しておき、回収流路 4 にアノードオフガスが導入されるようにしておく。

【0026】

そして、回収流路 4 を流れる水素を含む高温のアノードオフガスが、カソード予熱器 42 において、カソード供給路 12 を流れるカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）と熱交換をする。つまり、水素を含む高温のアノードオフガスが、カソード供給ガスを予熱する。予熱されたカソード供給ガスが燃料電池 2 に導入されることで、燃料電池 2 の温度が高く維持されやすくなる。その結果、上述の吸熱反応である電解動作が効率的に行われることとなる。

【0027】

本形態の燃料電池システム 1 は、例えば燃料電池車等の車両に搭載されるものとすることができる。

発電動作と電解動作との切り替えは、燃料電池 2 への電力供給の有無、アノード供給ガスの組成（例えば、水蒸気の含入量等）を切り替えることにより、行うことができる。

【0028】

燃料電池システム 1 には、図示しない制御装置が設けられている。制御装置は、燃料電池システム 1 を構成する各制御対象機器の作動を制御する。制御装置は、CPU、ROM、RAM 等からなる周知のマイクロコンピュータとその周辺回路にて構成されている。

発電動作と電解動作との切り替え、回収制御弁 41 の開閉制御は、上記制御装置によって行うことができる。なお、上記制御装置は、例えば、ECU（すなわち、電子制御ユニット）内に構成されている。

【0029】

次に、本形態の作用効果につき、説明する。

上記燃料電池システム 1 は、電解動作時には、回収流路 4 を流れるアノードオフガスの熱を、燃料電池 2 へ移動させることができるよう構成されている。それゆえ、回収される水素を含むアノードオフガスの熱を、燃料電池 2 に与えることとなる。そのため、燃料電池 2 に熱を与えるために水素を消費することがない。つまり、水素の回収率を低下させることなく、燃料電池 2 に熱を与えることができる。その結果、燃料電池システム 1 全体として、エネルギー効率を向上させることができる。

【0030】

また、回収流路 4 には回収制御弁 41 が設けてある。これにより、回収流路 4 におけるアノードオフガスの流れを、容易に制御することができる。それゆえ、例えば、電解動作時には、回収流路 4 にアノードオフガスを流して、発電動作時には、回収流路 4 にアノードオフガスを流さないという制御を行うことも容易となる。これにより、電解動作時には燃料電池 2 の吸熱反応に、アノードオフガスの熱を利用することが容易となる。また、電解動作時には発生した水素を、効率的に回収することができる。

【0031】

また、回収制御弁 41 が流量の調整を行うこともできるよう構成されている場合には、例えば、電解動作の状態（例えば、水素の生成量等）に応じて、回収流路 4 に流れるアノードオフガスの流量を変動させることもできる。同様に、発電動作の状態（例えば、発電量等）に応じて、回収流路 4 にも、アノードオフガスを、その流量を調整しながら流通させることもできる。

10

20

30

40

50

【0032】

また、回収流路4とカソード供給路12との間に、カソード予熱器42が設けてある。カソード予熱器42は、アノードオフガスの熱によってカソード供給ガスを予熱する。これにより、カソード供給ガスを介して、水素を含むアノードオフガスの熱を燃料電池2へ移動させることができる。これにより、容易かつ効率的に燃料電池2へ熱を与えることができる。

【0033】

以上のごとく、本形態によれば、エネルギー効率を向上させることができる燃料電池システムを提供することができる。

【0034】

(参考形態2)

本形態は、図2に示すごとく、回収制御弁41を、回収流路4における、カソード予熱器42よりも下流側に設けた形態である。

その他は、参考形態1と同様である。なお、参考形態2以降において用いた符号のうち、既出の形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

【0035】

本形態においては、回収流路4のうち、カソード供給路12の酸化剤ガスに熱を与えた後のアノードオフガスが流れる位置に回収制御弁41を設けることとなる。すなわち、回収制御弁41を、回収流路4における、比較的溫度の高くなり難い位置に設けることができる。それゆえ、耐熱溫度が比較的低い回収制御弁41を用いることが可能となる。その結果、安価な燃料電池システム1を得ることができる。

その他、参考形態1と同様の作用効果を有する。

【0036】

(参考形態3)

本形態は、図3に示すごとく、回収流路4とアノード排出路13との共通部分とカソード供給路12との間に、カソード予熱器42を設けた形態である。

本形態の場合には、回収制御弁41の開閉に関わらず、アノードオフガスとカソード供給ガス（すなわち、酸化剤ガス）との熱交換が行われることとなる。すなわち、本形態においては、発電動作時にも、電解動作時にも、アノードオフガスがカソード予熱器42を通過し、酸化剤ガスを予熱することとなる。

【0037】

そして、電解動作時においては、回収制御弁41を開放して、水素を含むアノードオフガスの一部を、回収流路4を介して回収することができる。

その他は、参考形態2と同様である。

【0038】

本形態においても、電解動作時に、水素を含むアノードオフガスの熱を、酸化剤ガスを介して燃料電池2に与えることができる。

その他、参考形態2と同様の作用効果を有する。

【0039】

(実施形態4)

本形態は、図4に示すごとく、回収流路4の一部を、燃料電池2に設けた熱交換部23を通すよう構成した形態である。

【0040】

熱交換部23は、燃料電池2の電解質体と熱的に接触している。また、熱交換部23を通過する回収流路4とも熱的に接触している。これにより、回収流路4を流れるアノードオフガスと電解質体との間で、熱交換を行うことができる。そして、アノードオフガスの熱を、熱交換部23を介して、燃料電池2の電解質体に与えることができる。

【0041】

なお、熱交換部23は、例えば、回収流路4内のアノードオフガスと燃料電池2との間

10

20

30

40

50

を伝熱にて熱交換する熱交換器とすることができる。

その他は、参考形態 2と同様である。

【0042】

本形態においては、電解動作時に、水素を含むアノードオフガスの熱を、直接燃料電池 2 に与えることができる。

その他、参考形態 2と同様の作用効果を有する。

【0043】

(参考形態 5)

本形態は、図 5、図 6 に示すごとく、参考形態 1の構成をベースにして、具体化を進めた燃料電池システム 1 の形態である。

本形態においては、アノード供給路 11 に、改質器 112 のほかに、脱硫器 113 と、蒸発器 114 と、循環装置 115 とを設けている。脱硫器 113 と、蒸発器 114 と、循環装置 115 とは、改質器 112 よりも上流側において、上流側からこの順に、アノード供給路 11 に設けてある。

【0044】

また、本形態の燃料電池システム 1 は、下記の第 1 循環路 131 と第 2 循環路 132 とを有する。第 1 循環路 131 は、アノードオフガスをアノード排出路 13 から循環装置 115 に循環させる。第 2 循環路 132 は、アノード供給路 11 において、改質器 112 の下流側かつ燃料電池 2 の上流側からアノード供給ガスを循環装置 115 よりも上流側に循環させる。

【0045】

本形態において、循環装置 115 は、エジェクタにて構成することができる。以下において、循環装置 115 をエジェクタ 115 として説明する。エジェクタ 115 は、アノード供給路 11 を流れる燃料ガスを駆動流として、第 1 循環路 131 からアノードオフガスを吸引する。エジェクタ 115 は、ノズル部 115a と吸引部 115b と吐出部 115c とを有する。ノズル部 115a は、アノード供給路 11 の上流側から導入された燃料ガスを、駆動流として噴射する。吸引部 115b は、ノズル部 115a から噴射される駆動流によって第 1 循環路 131 からアノードオフガスを、吸引流として吸引する。吐出部 115c は、駆動流と吸引流とを混合した混合流を、アノード供給路 11 の下流側へ吐出する。

【0046】

脱硫器 113 は、燃料ガス F としての都市ガス等に含まれる硫黄分を除去する。本形態において、脱硫器 113 は、水素を用いて硫黄分を除去する水添脱硫器とすることができる。また、本形態においては、第 2 循環路 132 は、改質器 112 と燃料電池 2 との間のアノード供給路 11 から、脱硫器 113 よりも上流側のアノード供給路 11 に、燃料ガスを循環させるよう構成されている。それゆえ、第 2 循環路 132 によって循環されるガスは、特に水素を多く含んだ燃料ガスとなる。それゆえ、脱硫器 113 に導入される水素の量を多くすることができ、効果的な脱硫を行うことができる。

【0047】

蒸発器 114 には、水蒸気供給路 111 も接続されている。この蒸発器 114 において、水蒸気 W と燃料ガス F とが混合されると共に加熱され、混合ガスが生成される。蒸発器 114 において水蒸気と混合された燃料ガスは、エジェクタ 115 に駆動流として導入される。そして、上述のように、エジェクタ 115 においてアノードオフガスと混合された燃料ガスが、エジェクタ 115 から吐出され、改質器 112 に導入される。改質器 112 において改質された、水素を含む燃料ガスであるアノード供給ガスが、燃料電池 2 のアノード流路 21 に導入される。

【0048】

また、本形態においては、第 1 循環路 131 から、回収流路 4 が分岐している。すなわち、回収流路 4 は、アノード排出路 13 と共通する部分と、第 1 循環路 131 と共通する部分と、第 1 循環路 131 から分岐した部分とを有する。そして、回収流路 4 は、カソード予熱器 42 においてカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）と熱交換したのち、回収

10

20

30

40

50

される。また、本形態においては、回収制御弁 4 1 は、回収流路 4 における、カソード予熱器 4 2 よりも上流側に設けてある。

【0049】

また、本形態の燃料電池システム 1 は、水蒸気供給路 1 1 1 から蒸発器 1 1 4 をバイパスするように、アノード供給路 1 1 に合流するバイパス路 1 1 6 を有する。本形態において、バイパス路 1 1 6 の下流端は、エジェクタ 1 1 5 と改質器 1 1 2 との間のアノード供給路 1 1 に接続されている。そして、バイパス路 1 1 6 には、バイパス路 1 1 6 を通過する水蒸気の流れを制御するバイパス制御弁 1 1 7 が設けてある。

【0050】

バイパス制御弁 1 1 7 も、回収制御弁 4 1 と同様に、例えば、開閉のみが制御可能で、バイパス路 1 1 6 に水蒸気を通すか通さないかの 2 段階のみの制御ができるような構成とすることができる。あるいは、バイパス制御弁 1 1 7 は、例えば、開閉のみならず、バイパス路 1 1 6 における水蒸気の流量を増減させるよう構成することもできる。バイパス制御弁 1 1 7 は、例えば、電磁弁等にて構成することができる。

【0051】

一方、カソード供給路 1 2 には、カソード予熱器 4 2 のほかに、前段予熱器 1 2 2 と、後段予熱器 1 2 3 とが設けてある。前段予熱器 1 2 2 は、カソード供給路 1 2 における、カソード予熱器 4 2 よりも上流側に設けてある。後段予熱器 1 2 3 は、カソード供給路 1 2 における、カソード予熱器 4 2 よりも下流側に設けてある。

【0052】

前段予熱器 1 2 2 は、燃焼器 3 から排出された燃焼ガスの熱によって、カソード供給路 1 2 のカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）を予熱するよう構成されている。また、前段予熱器 1 2 2 に導入される前の燃焼ガスは、改質器 1 1 2 に熱的に接触した燃焼触媒 1 3 3 において、改質器 1 1 2 へ熱を与える。また、前段予熱器 1 2 2 を通過した燃焼ガスは、蒸発器 1 1 4 において燃料ガスに熱を与えたのち、排出される。

【0053】

後段予熱器 1 2 3 は、暖機燃焼器 1 2 3 a から熱を受けて、カソード供給路 1 2 のカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）を予熱するよう構成されている。暖機燃焼器 1 2 3 a は、外部から供給される燃料ガス F 1 と酸化剤ガス A 1 とを混合して燃焼させる。暖機燃焼器 1 2 3 a の排ガスは、カソード排出路 1 4 を介して、燃焼器 3 に導入される。

【0054】

本形態の燃料電池システム 1 において、発電動作を行う際は、図 5 に示すごとく、回収制御弁 4 1 及びバイパス制御弁 1 1 7 を閉じる。

【0055】

この状態において、アノード供給路 1 1 においては、燃料ガス F を、脱硫器 1 1 3、蒸発器 1 1 4、エジェクタ 1 1 5 を介して、改質器 1 1 2 に導入する。また、蒸発器 1 1 4 においては、燃料ガス F が、水蒸気供給路 1 1 1 を介して供給された水蒸気と混合されると共に蒸発して、水蒸気との混合気体となり、エジェクタ 1 1 5 を介して改質器 1 1 2 に送られる。改質器 1 1 2 において改質された、水素を含む燃料ガスは、アノード供給ガスとして、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 に供給される。

【0056】

一方、カソード供給路においては、酸化剤ガス A を、前段予熱器 1 2 2、カソード予熱器 4 2、後段予熱器 1 2 3 を介して、燃料電池 2 のカソード流路 2 2 に供給する。これにより、燃料電池 2 において、燃料ガス中の水素と、酸化剤ガス中の酸素とを反応させて発電し、電力を得る。

【0057】

また、アノード流路 2 1 から排出されたアノードオフガスと、カソード流路 2 2 から排出されたカソードオフガスとが、燃焼器 3 において混合されて燃焼する。また、アノード排出路 1 3 から、アノードオフガスが、第 1 循環路 1 3 1 を介して、エジェクタ 1 1 5 に循環し、改質前のアノード供給ガスに合流する。なお、本形態においては、発電動作時に

10

20

30

40

50

回収制御弁 4 1 を閉じている。それゆえ、発電動作時には、第 1 循環路 1 3 1 から回収流路 4 を介してカソード予熱器 4 2 にアノードオフガスが導かれることはない。つまり、発電動作時には、酸化剤ガスがカソード予熱器 4 2 においてアノードオフガスから受熱することはない。

【0058】

また、アノード供給路 1 1 における改質器 1 1 2 と燃料電池 2 との間から、改質後の燃料ガスが、第 2 循環路 1 3 2 を通って、脱硫器 1 1 3 の上流側に循環する。また、本形態において、発電動作時には、バイパス制御弁 1 1 7 を閉じている。そのため、水蒸気がバイパス路 1 1 6 を介して、蒸発器 1 1 4 を迂回することはない。

【0059】

本形態の燃料電池システム 1 において、電解動作を行う際は、図 6 に示すごとく、回収制御弁 4 1 及びバイパス制御弁 1 1 7 を開放する。

【0060】

この状態において、カソード供給路においては、酸化剤ガス A を、前段予熱器 1 2 2、カソード予熱器 4 2、後段予熱器 1 2 3 を介して、燃料電池 2 のカソード流路 2 2 に供給する。

【0061】

アノード供給路 1 1 においては、水蒸気 W 及び燃料ガス F を、燃料電池 2 のアノード流路 2 1 に供給する。水蒸気と共に燃料ガスを供給するのは、アノード流路 2 1 を還元雰囲気にするためである。また、水蒸気は、バイパス路 1 1 6 を通過して改質器 1 1 2 の上流側におけるアノード供給路 1 1 に合流する。電解時における水蒸気の供給量は、発電時における水蒸気の供給量よりも多い。そこで、電解動作時は、上述のようにバイパス制御弁 1 1 7 を開放し、水蒸気を、バイパス路 1 1 6 に通し蒸発器 1 1 4 を迂回させて、アノード供給路 1 1 に合流させる。水蒸気は、改質器 1 1 2 において予熱されて、燃料電池 2 に供給される。

【0062】

そして、電解動作時には、燃料電池 2 に電力を供給する。これにより、アノード流路 2 1 に導入された水素を含む燃料ガスが、電気分解され、水素を生成する。生成された水素の少なくとも一部は、アノードオフガスに含まれた状態にて、回収流路 4 を介して、回収される。

【0063】

電解動作時において、酸化剤ガスは、前段予熱器 1 2 2 及び後段予熱器 1 2 3 に加え、カソード予熱器 4 2 においても、予熱される。すなわち、電解動作時には、回収制御弁 4 1 が開放されている。これにより、カソード予熱器 4 2 においては、水素を含むアノードオフガスの熱によって、酸化剤ガスが予熱される。

【0064】

前段予熱器 1 2 2 及び後段予熱器 1 2 3 に加え、カソード予熱器 4 2 によっても予熱された酸化剤ガスが、燃料電池 2 に供給されることで、燃料電池 2 の温度を向上させることができる。この熱の少なくとも一部が、電解動作における吸熱反応に利用されることとなる。

【0065】

なお、後段予熱器 1 2 3 も、発電動作時には作動させず、電解動作時に作動させるようにすることもできる。つまり、特に燃料電池 2 において熱が必要となる電解動作時に、燃料電池 2 に導入されるカソード供給ガス（すなわち酸化剤ガス）を予熱し、それ以外のときは、カソード供給ガスを予熱しない、という制御を行うこともできる。

その他は参考形態 1 と同様であり、同様の作用効果を有する。

【0066】

(参考形態 6)

本形態は、図 7 に示すごとく、参考形態 5 の変形形態であって、回収制御弁 4 1 を、回収流路 4 における、カソード予熱器 4 2 よりも下流側に設けた形態である。

10

20

30

40

50

その他は、参考形態 5と同様である。

【0067】

本形態においては、参考形態 2と同様に、回収制御弁 4 1 を、回収流路 4 における、比較的温度の高くなり難い位置に設けることができる。その結果、安価な燃料電池システム 1 を得ることができる。

その他、参考形態 5と同様の作用効果を有する。

【0068】

(参考形態 7)

本形態は、図 8 に示すごとく、回収流路 4 とアノード供給路 1 1 との間に、アノード予熱器 4 3 を有する燃料電池システム 1 の形態である。

10

アノード予熱器 4 3 は、アノードオフガスの熱によってアノード供給ガスを予熱する。そして、これによって予熱されたアノード供給ガスが燃料電池 2 に導入されることで、燃料電池 2 に熱が付与される。つまり、アノード供給ガスを介して、水素を含むアノードオフガスの熱を、燃料電池 2 の電解質体に伝えることができる。

【0069】

本形態において、アノード予熱器 4 3 は、アノード供給路 1 1 における改質器 1 1 2 と燃料電池 2 との間に設けてある。また、本形態においては、回収制御弁 4 1 は、回収流路 4 における、アノード予熱器 4 3 よりも上流側に設けてある。

【0070】

本形態において、発電動作時は、回収制御弁 4 1 を閉じておくことができる。そして、電解動作時において、回収制御弁 4 1 を開放する。これにより、電解動作によって燃料電池 2 において生成された水素を含むアノードオフガスが、回収流路 4 を介して、回収される。

20

【0071】

そして、アノード予熱器 4 3 において、水素を含むアノードオフガスの熱がアノード供給ガスに与えられる。すなわち、燃料電池 2 に供給される前の水蒸気及び燃料ガスが、回収される水素を含むアノードオフガスによって予熱される。アノード予熱器 4 3 において受熱したアノード供給ガス（すなわち、水蒸気及び燃料ガス）が、燃料電池 2 に導入される。これにより、水素を含むアノードオフガスの熱を、燃料電池 2 の電解質体に与えることができる。この熱の少なくとも一部が、電解動作時の吸熱反応に利用される。

30

【0072】

その他は、参考形態 5と同様である。

本形態においては、アノード供給ガスを介して、水素を含むアノードオフガスの熱を燃料電池 2 に与えることができる。

その他、参考形態 5と同様の作用効果を有する。

【0073】

(参考形態 8)

本形態は、図 9 に示すごとく、回収制御弁 4 1 を、回収流路 4 における、アノード予熱器 4 3 よりも下流側に設けた形態である。

その他は、参考形態 7と同様である。

40

【0074】

本形態においては、参考形態 2と同様に、回収制御弁 4 1 を、回収流路 4 における、比較的温度の高くなり難い位置に設けることができる。その結果、安価な燃料電池システム 1 を得ることができる。

その他、参考形態 7と同様の作用効果を有する。

【0075】

(参考形態 9)

本形態は、図 10 に示すごとく、回収流路 4 がアノード排出路 1 3 と分岐する前の位置に、アノード予熱器 4 3 を設けた形態である。

つまり、回収流路 4 とアノード排出路 1 3 との共通部分において、アノードオフガスと

50

アノード供給ガスとの熱交換を行うような構成としている。

【0076】

その他は、参考形態8と同様である。ただし、図10においては、構成を簡素化した燃料電池システム1を表している。本形態においても、上記の相違点以外は、参考形態8（図9参照）と同様の構成を備えたものとすることもできる。

【0077】

本形態においても、アノード供給ガスを介して、水素を含むアノードオフガスの熱を燃料電池2に与えることができる。その他、参考形態8と同様の作用効果を有する。

【0078】

本発明は上記各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。

【符号の説明】

【0079】

- 1 燃料電池システム
- 2 燃料電池
- 21 アノード流路
- 22 カソード流路
- 3 燃焼器
- 4 回収流路

10

20

30

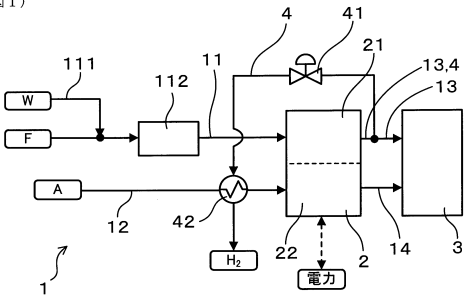
40

50

【図面】

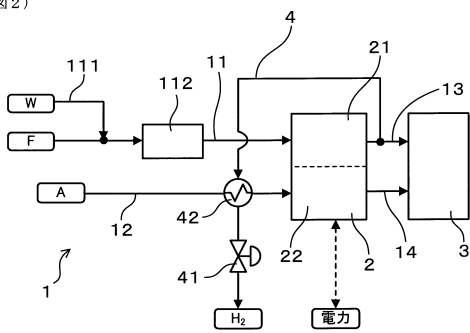
【図 1】

(図 1)



【図 2】

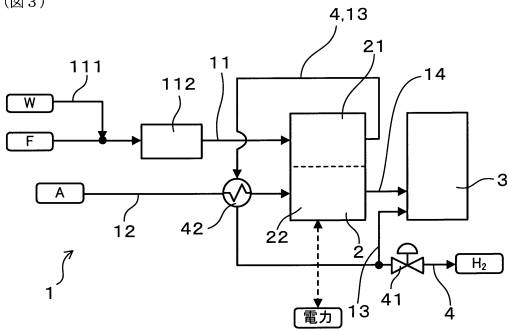
(図 2)



10

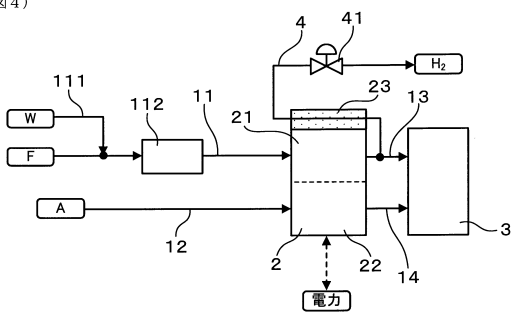
【図 3】

(図 3)



【図 4】

(図 4)



20

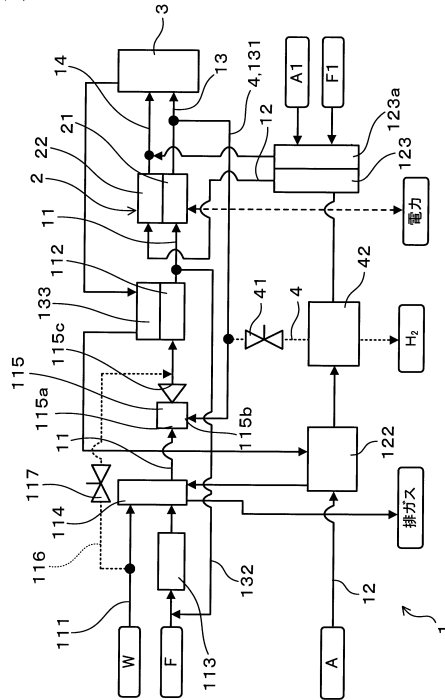
30

40

50

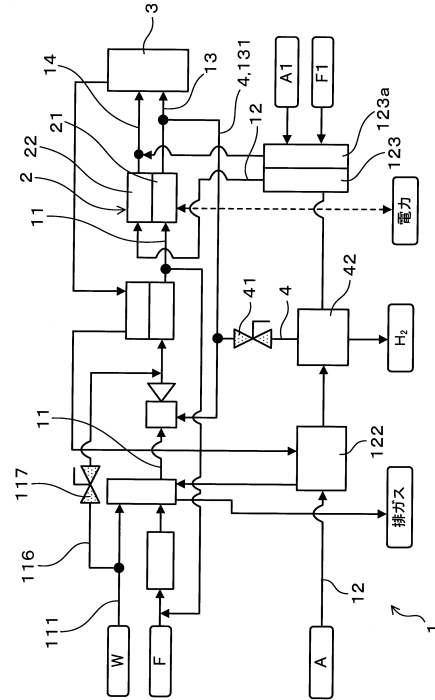
【圖 5】

(図5)



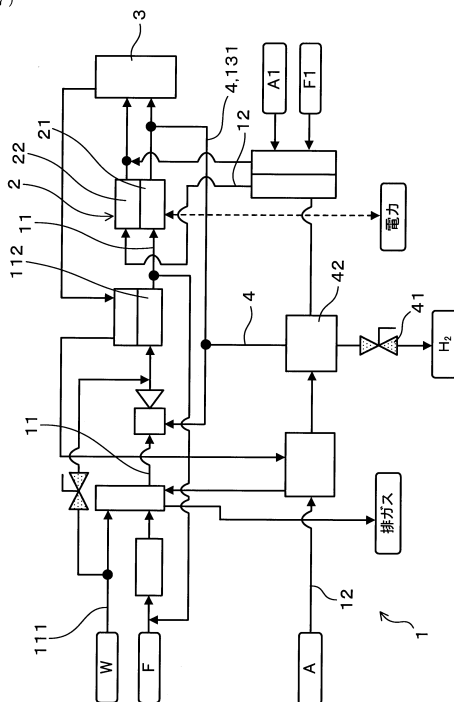
【図 6】

(圖 6)



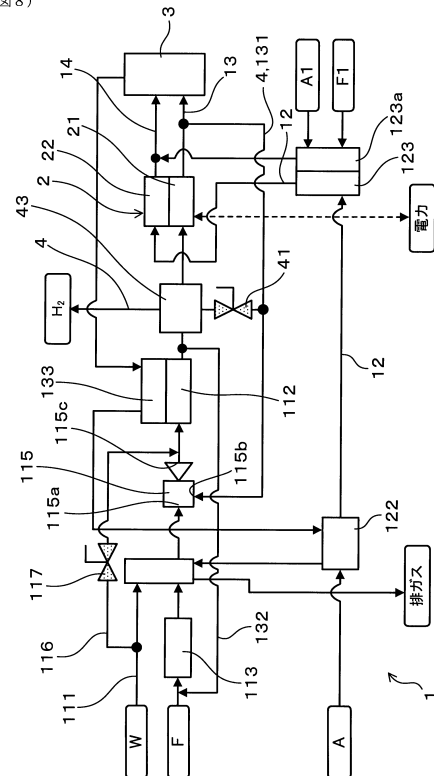
【圖 7】

(圖 7)



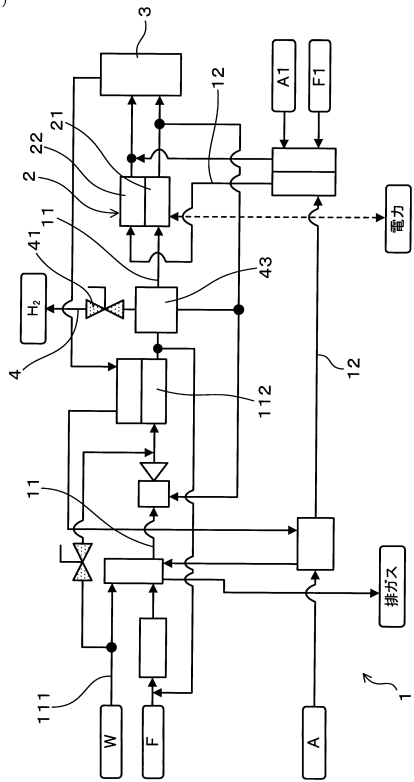
【圖 8】

(图 8)



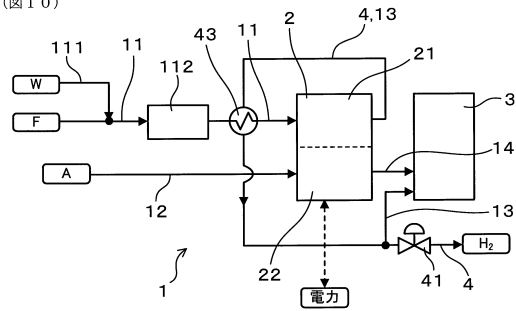
【図 9】

(図 9)



【図 10】

(図 10)



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I			
H O 1 M	8/0656(2016.01)	H O 1 M	8/04	Z
H O 1 M	8/12 (2016.01)	H O 1 M	8/0656	
		H O 1 M	8/12	1 0 1
(56)参考文献	国際公開第 2 0 1 9 / 2 1 0 3 4 4 (W O , A 1)			
	特開 2 0 1 1 - 1 6 5 6 6 6 (J P , A)			
	特表 2 0 1 8 - 5 1 7 2 3 3 (J P , A)			
	特開 2 0 0 1 - 1 6 0 4 0 4 (J P , A)			
	特表 2 0 1 6 - 5 3 7 7 8 2 (J P , A)			
	特開 2 0 1 3 - 1 9 9 6 7 5 (J P , A)			
	米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 3 5 8 1 2 3 (U S , A 1)			
	特開 2 0 1 7 - 0 9 1 6 3 1 (J P , A)			
(58)調査した分野	(Int.Cl., D B 名)			
	H O 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5			