

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7400524号  
(P7400524)

(45)発行日 令和5年12月19日(2023.12.19)

(24)登録日 令和5年12月11日(2023.12.11)

(51)国際特許分類		F I	
H 0 1 M	8/04014(2016.01)	H 0 1 M	8/04014
H 0 1 M	8/0606(2016.01)	H 0 1 M	8/0606
H 0 1 M	8/04701(2016.01)	H 0 1 M	8/04701
H 0 1 M	8/04302(2016.01)	H 0 1 M	8/04302
C 0 1 B	3/04 (2006.01)	C 0 1 B	3/04
			B
請求項の数 8 (全18頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号	特願2020-24341(P2020-24341)	(73)特許権者	000000099
(22)出願日	令和2年2月17日(2020.2.17)		株式会社 I H I
(65)公開番号	特開2021-128904(P2021-128904 A)		東京都江東区豊洲三丁目1番1号
(43)公開日	令和3年9月2日(2021.9.2)	(74)代理人	100083806
審査請求日	令和5年1月6日(2023.1.6)		弁理士 三好 秀和
(出願人による申告)平成30年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、S I P (戦略的イノベーション創造プログラム)、産業技術力強化法第17条の適用を受ける特許出願		(74)代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74)代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74)代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄
		(72)発明者	辻川 順
			東京都江東区豊洲三丁目1番1号 株式会社 I H I 内
		(72)発明者	奥野 真也
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池システム、及び燃料電池システムの運転方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料極と、空気極とを含む燃料電池本体と、  
アンモニアを接触させることによって前記燃料極に供給される水素を生成する第1触媒を含む起動時用の第1水素生成部と、  
アンモニアを接触させることによって前記燃料極に供給される水素を生成する第2触媒を含み、前記燃料極から排出されたアノードオフガスの熱、前記空気極から排出されたカソードオフガスの熱、及び前記アノードオフガスと前記カソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱と、前記第2触媒に接触するアンモニアの熱とを交換する発電時用の第2水素生成部と、  
を備え、  
前記第2水素生成部は、前記第1水素生成部よりも前記燃料電池本体に近い位置に配置される、燃料電池システム。

【請求項2】

前記第1水素生成部に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーは、前記第2水素生成部に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーよりも小さい、請求項1に記載の燃料電池システム。

【請求項3】

前記第1水素生成部は、前記第2水素生成部よりも小さい熱容量を有する、請求項1又

は 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】

前記第 1 水素生成部は加熱器を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】

前記第 1 水素生成部の前記加熱器は前記第 2 水素生成部が所定の温度以上になった場合に停止される、請求項 4 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】

前記アノードオフガスと前記カソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼するオフガス燃焼部をさらに備え、

前記第 1 水素生成部は、前記混合ガスの燃焼によって得られた前記排気ガスの熱と、前記第 1 触媒に接触するアンモニアの熱とを交換する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】

前記第 1 水素生成部と前記第 2 水素生成部とは直列に配置される、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】

燃料極と空気極とを含む燃料電池本体と、第 1 触媒を含む第 1 水素生成部と、第 2 触媒を含む第 2 水素生成部とを備える燃料電池システムの運転方法であって、

前記第 1 触媒に接触するアンモニアから生成された水素を前記燃料極に供給する起動工程と、

前記起動工程の後、前記燃料極から排出されたアノードオフガスの熱、前記空気極から排出されたカソードオフガスの熱、及び前記アノードオフガスと前記カソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも 1 以上の熱によって、前記第 2 触媒に接触するアンモニアから生成された水素を前記燃料極に供給する発電工程と、

を含み、

前記第 2 水素生成部は、前記第 1 水素生成部よりも前記燃料電池本体に近い位置に配置される、前記燃料電池システムの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、燃料電池システム、及び燃料電池システムの運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池は、水素などの燃料を化学反応させることによって電気エネルギーを生成することができ、副生成物が水のみである、クリーンなエネルギー供給源として様々な分野で期待されている。主な燃料である水素は、再生可能エネルギー由来の電力を利用して水分分解することで得られ、電気エネルギー生成時の二酸化炭素排出量を大きく低減できる。しかしながら、水素は、液化温度が低いために輸送及び貯蔵が容易ではない。

【0003】

水素はアンモニアから生成することができ、アンモニアは体積当たりの水素密度が水素よりも大きく、液化温度も低いことから、水素エネルギーキャリアとして注目されている。これらの理由から、アンモニアをエネルギー源とした発電システムの開発が進められており、特許文献 1 には、アンモニア分解部の温度をアンモニア分解温度以上に加熱する第一加熱手段を備える固体酸化物形燃料電池システムが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2017 - 84592 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

S O F C ( 固体酸化物形燃料電池 ) は、一般的には 6 0 0 ~ 1 0 0 0 という発電温度域まで昇温される。燃料極は酸化劣化すると発電特性が低下するおそれがある。そのため、S O F C が発電温度域に到達するまでの起動時には、例えばアンモニアなどを供給することによって燃料極側を還元雰囲気維持することが好ましい。しかしながら、発電時に水素を供給するために用いられる一般的なアンモニア分解部は体積が大きく、アンモニア分解部をアンモニア分解温度以上に加熱するまでに時間及びエネルギーを要する。そのため、アンモニア分解部の温度が低い起動時にアンモニアを供給すると、アンモニアが水素に分解されないままの状態燃料電池スタックに流入し、燃料電池スタックが窒化するおそれがある。

10

## 【0006】

そこで、本開示は、起動時にアンモニアの分解を促進可能な燃料電池システム、及び燃料電池システムの運転方法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】

## 【0007】

本開示に係る燃料電池システムは、燃料極と、空気極とを含む燃料電池本体を備える。燃料電池システムは、アンモニアを接触させることによって燃料極に供給される水素を生成する第1触媒を含む起動時用の第1水素生成部を備える。燃料電池システムは、アンモニアを接触させることによって燃料極に供給される水素を生成する第2触媒を含む発電時用の第2水素生成部を備える。第2水素生成部は、燃料極から排出されたアノードオフガスの熱、空気極から排出されたカソードオフガスの熱、及びアノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱と、第2触媒に接触するアンモニアの熱とを交換する。

20

## 【0008】

第1水素生成部に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーは、第2水素生成部に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーよりも小さくてもよい。第1水素生成部は、第2水素生成部よりも小さい熱容量を有していてもよい。第1水素生成部は加熱器を含んでいてもよい。第1水素生成部の加熱器は第2水素生成部が所定の温度以上になった場合に停止されてもよい。第2水素生成部は、第1水素生成部よりも燃料電池本体に近い位置に配置されてもよい。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含む混合ガスを燃焼するオフガス燃焼部をさらに備え、第1水素生成部は、混合ガスの燃焼によって得られた排気ガスの熱と、第1触媒に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。第1水素生成部と第2水素生成部とは直列に配置されてもよい。

30

## 【0009】

本開示に係る燃料電池システムの運転方法は、第1触媒に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極に供給する起動工程を含む。燃料電池システムの運転方法は、起動工程の後、燃料極から排出されたアノードオフガスの熱、空気極から排出されたカソードオフガスの熱、及びアノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱によって、第2触媒に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極に供給する発電工程を含む。

40

## 【発明の効果】

## 【0010】

本開示によれば、起動時にアンモニアの分解を促進可能な燃料電池システム、及び燃料電池システムの運転方法を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】第1実施形態に係る燃料電池システムを示す概略図である。

50

【図 2】第 1 水素生成部の一例を示す側面図である。

【図 3】第 2 水素生成部の一例を示す断面図である。

【図 4】図 3 の I V - I V 線における断面図である。

【図 5】ホットモジュールの一例を示す断面図である。

【図 6】第 2 実施形態に係る燃料電池システムを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、いくつかの例示的な実施形態について、図面を参照して説明する。なお、図面の寸法比率は説明の都合上誇張されており、実際の比率とは異なる場合がある。

【0013】

[燃料電池システム]

[第 1 実施形態]

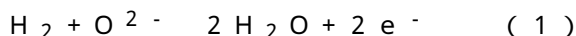
まず、本実施形態に係る燃料電池システムについて説明する。図 1 に示すように、燃料電池システム 1 は、燃料電池本体 10 と、燃料供給部 20 と、アノード排気管 26 と、空気供給部 30 と、カソード排気管 38 と、第 1 水素生成部 40 と、第 2 水素生成部 50 と、空気熱交換器 57 と、オフガス燃焼部 60 と、インバータ 81 と、操作部 82 と、中央制御部 83 と、筐体 84 とを備える。また、燃料電池システム 1 はホットモジュール 70 を備えており、ホットモジュール 70 は、燃料電池本体 10 と、第 2 水素生成部 50 と、空気熱交換器 57 とを含んでいる。

【0014】

燃料電池本体 10 は、燃料極 11 と、空気極 12 と、電解質 13 とを含む。本実施形態に係る燃料電池本体 10 は、S O F C である。

【0015】

燃料極 11 は、例えば、Ni 及び Ni O のような Ni 化合物の少なくともいずれか一方を含む。燃料極 11 では、以下の反応式 (1) に示されるように、水素が酸化され、水 (水蒸気) を含むアノードオフガスが生成される。アノードオフガスには、通常、未反応の水素及びアンモニアも含まれる。燃料極 11 には、供給マニホールド 11 a を介して水素が供給され、排気マニホールド 11 b を介してアノードオフガスが排気される。



【0016】

空気極 12 は、電子伝導性を示す酸化物を含む。電子伝導性を示す酸化物は、例えば、LSM ((La, Sr) Mn O<sub>3</sub>)、LSC ((La, Sr) Co O<sub>3</sub>)、又は、LSCF ((La, Sr) (Co, Fe) O<sub>3</sub>) である。空気極 12 では、下記反応式 (2) に示されるように、酸素が還元され、酸素を含むカソードオフガスが生成される。カソードオフガスには、通常、空気中の窒素も含まれる。空気極 12 には、供給マニホールド 12 a を介して酸素を含む空気が供給され、排気マニホールド 12 b を介してカソードオフガスが排気される。



【0017】

電解質 13 は、燃料極 11 と空気極 12 との間に設けられる。電解質 13 では、上記反応式 (1) で生成された酸素イオン (O<sup>2-</sup>) が空気極 12 から燃料極 11 へ移動する。電解質 13 は、酸化物イオン伝導性を有する固体酸化物を含む。酸化物イオン伝導性を有する固体酸化物は、例えば、YSZ (イットリア安定化ジルコニア) である。

【0018】

燃料電池本体 10 は、上記反応式 (1) 及び反応式 (2) の反応によって発電する。燃料電池本体 10 の発電温度域は、作動温度ともいわれ、種類にもよるが、600 ~ 1000 程度である。燃料電池本体 10 が発電を開始すると、ジュール熱によって燃料電池本体 10 の温度が維持される。

【0019】

燃料供給部 20 は、後に詳述する第 1 水素生成部 40 又は第 2 水素生成部 50 によって

10

20

30

40

50

生成された水素を含むガスを燃料極 1 1 に供給する。燃料供給部 2 0 は、燃料供給管 2 1 と、アンモニア供給源 2 2 と、流量調整機構 2 3 と、バイパス配管 2 4 と、流量調整機構 2 5 とを含む。燃料供給管 2 1 は、水素が燃料極 1 1 に供給可能なように設けられており、アンモニア供給源 2 2 と、燃料極 1 1 の供給マニホールド 1 1 a とを接続する。燃料供給管 2 1 には、アンモニア供給源 2 2 と、流量調整機構 2 3 と、第 2 水素生成部 5 0 が設けられている。アンモニア供給源 2 2 は、例えば、アンモニアを貯留するボンベなどの圧力容器である。

#### 【 0 0 2 0 】

流量調整機構 2 3 は、アンモニア供給源 2 2 から第 2 水素生成部 5 0 に供給されるアンモニアの流量を調整する。バイパス配管 2 4 の一端は、燃料供給管 2 1 におけるアンモニア供給源 2 2 と流量調整機構 2 3 との間に接続されており、バイパス配管 2 4 の他端は、燃料供給管 2 1 における流量調整機構 2 3 と第 2 水素生成部 5 0 との間に接続されている。バイパス配管 2 4 には、流量調整機構 2 5 及び第 1 水素生成部 4 0 が設けられている。流量調整機構 2 5 は、アンモニア供給源 2 2 から第 1 水素生成部 4 0 に供給されるアンモニアの流量を調整する。流量調整機構 2 3 及び流量調整機構 2 5 は、例えば、マスフローコントローラ、又はダイヤフラムポンプ若しくは回転翼式ポンプのようなポンプである。

#### 【 0 0 2 1 】

アノード排気管 2 6 は、燃料極 1 1 で生成されたアノードオフガスを燃料電池本体 1 0 内から排気する。アノード排気管 2 6 は、排気マニホールド 1 1 b と後に詳述するオフガス燃焼部 6 0 とを接続する。アノード排気管 2 6 には、第 2 水素生成部 5 0 が設けられている。

#### 【 0 0 2 2 】

空気供給部 3 0 は、空気極 1 2 に酸素を含む空気を供給する。空気供給部 3 0 は、空気供給管 3 1 と、バイパス配管 3 2 と、フィルタ 3 3 と、ブロワ 3 4 と、流量調整弁 3 5 、空気加熱器 3 6 及び流量調整弁 3 7 とを含む。

#### 【 0 0 2 3 】

空気供給管 3 1 は、酸素が空気極 1 2 に供給可能なように設けられており、一端が開放され、他端が空気極 1 2 の供給マニホールド 1 2 a に接続される。バイパス配管 3 2 は、一端が空気供給管 3 1 の流量調整弁 3 7 及び空気熱交換器 5 7 よりも空気の流れの上流側に接続され、他端が空気供給管 3 1 の流量調整弁 3 7 及び空気熱交換器 5 7 よりも下流側に接続される。フィルタ 3 3 及びブロワ 3 4 は、空気供給管 3 1 におけるバイパス配管 3 2 の上流側の接続部よりもさらに上流側に設けられる。フィルタ 3 3 は、空気供給管 3 1 内に導入される空気を除塵する。ブロワ 3 4 は、空気供給管 3 1 におけるフィルタ 3 3 の下流側に設けられる。ブロワ 3 4 は、例えば、1 0 k P a G 以上の圧力で空気を空気極 1 2 に供給する。

#### 【 0 0 2 4 】

流量調整弁 3 5 及び空気加熱器 3 6 はバイパス配管 3 2 に設けられる。すなわち、流量調整弁 3 5 及び空気加熱器 3 6 は、流量調整弁 3 7 及び空気熱交換器 5 7 と並列に配置される。流量調整弁 3 5 は、空気加熱器 3 6 よりも上流側に設けられ、空気加熱器 3 6 を通過する空気の流量を調整する。空気加熱器 3 6 は、電気式ヒーター又はガスバーナーなどの加熱器を含んでおり、空気極 1 2 に供給される空気を、例えば 9 0 0 程度に加熱する。したがって、空気加熱器 3 6 によって加熱された空気は、バイパス配管 3 2 を通過し、空気極 1 2 に供給される。空気加熱器 3 6 は、主に起動時において、燃料電池本体 1 0 を昇温する役割を有する。なお、本実施形態において、起動時とは、燃料電池システム 1 の運転開始から燃料電池本体 1 0 が発電温度域に到達するまでの間をいう。

#### 【 0 0 2 5 】

カソード排気管 3 8 は、空気極 1 2 で生成されたカソードオフガスを燃料電池本体 1 0 内から排気する。カソード排気管 3 8 は、排気マニホールド 1 2 b とオフガス燃焼器 6 5 とを接続する。カソード排気管 3 8 には、第 2 水素生成部 5 0 と、空気熱交換器 5 7 とが設けられている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 6 】

第1水素生成部40は、バイパス配管24に設けられ、アンモニアから水素を生成する。第1水素生成部40では、好ましくは供給されるアンモニアの90体積%以上、より好ましくは99体積%以上が分解して水素が生成されることが好ましい。第1水素生成部40は、主に起動時において用いられる。具体的には、第1水素生成部40は、燃料電池システム1の運転開始から燃料電池本体10が発電温度域に至るまでの間に水素を生成する。第1水素生成部40は、発電時に水素を生成してもよいが、第1水素生成部40の消費エネルギーを低減する観点から、起動時において水素を生成することが好ましい。なお、本実施形態において、発電時とは、燃料電池本体10に、燃料供給部20を通して供給された燃料ガス（水素含有ガス）から電気エネルギーを取り出している状態である。具体的には、燃料電池本体10が発電温度域に達し、図示しない負荷と接続されている状態である。

10

## 【 0 0 2 7 】

第1水素生成部40は、第2水素生成部50よりも分解可能なアンモニアガス流量が少なくてもよい。還元雰囲気を維持するために供給される燃料ガスは発電に寄与しないため、起動時に必要なアンモニアガス流量は発電時よりも少なくてもよく、第1水素生成部40は第2水素生成部50よりもその用途から小型に設計することが可能である。詳細には、第1水素生成部40に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーは、第2水素生成部50に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーよりも小さくてもよい。これにより、第1水素生成部40を第2水素生成部50よりも容易に小型化することができる。第1水素生成部40及び第2水素生成部50に供給されるアンモニアが分解される上記割合は、95体積%であってもよく、99体積%でもよい。

20

## 【 0 0 2 8 】

さらに具体的には、第1水素生成部40は、第2水素生成部50よりも小さい熱容量を有していてもよい。また、第1水素生成部40は、例えば、第2水素生成部50よりもアンモニア分解量あたりの装置体積が小さくてもよい。これにより、小さいエネルギーであっても、第1水素生成部40の昇温時のヒートロスを少なくすることができる。具体的には、第2水素生成部50の体積に対する第1水素生成部40の体積は、30%以下であってもよく、20%以下であってもよく、10%以下であってもよい。例えば、燃料電池本体10の定格運転出力が1kW-DCであり、第2水素生成部50の体積に対する第1水素生成部40の体積が10%であり、第1水素生成部40が400Wのヒーターを有している場合、15分～30分程度で供給されるアンモニアの99体積%以上を水素に分解することができる。また、第1水素生成部40の外表面積は、例えば、第2水素生成部50の外表面積よりも小さくすることも可能である。これにより、第1水素生成部40内の温度が低下するのを抑制することができる。第1水素生成部40は、図2に示すように、反応容器41と、加熱器42とを含む。

30

## 【 0 0 2 9 】

反応容器41は、内部が中空の円筒状をしている。反応容器41の形状は、円筒状に限定されず、例えば、矩形状などであってもよい。反応容器41の上流側の供給口、及び下流側の排出口にはバイパス配管24が接続されており、反応容器41の上流側のバイパス配管24と下流側のバイパス配管24とは連通している。反応容器41の内部の空間には粒子形状の図示しない第1触媒が収容されており、第1触媒はアンモニア供給源22から供給されたアンモニアが接触可能なように配置されている。具体的には、第1触媒は、アンモニアを含むガスが粒子間を通過可能なように設けられている。なお、第1触媒は、アンモニアが接触可能なように配置されていれば、ハニカム形状等であってもよい。

40

## 【 0 0 3 0 】

加熱器42は、第1水素生成部40を素早く加熱することができ、第2水素生成部50よりも短時間で水素が生成可能な温度まで昇温することができる。加熱器42は、反応容器41の外表面を被覆している。具体的には、加熱器42は、反応容器41の外表面と接

50

するように螺旋状に巻き付けられた電熱線を含んでおり、電熱線に電流を通して生じたジュール熱により、反応容器 4 1 を加熱することができる。加熱器 4 2 は、螺旋状に巻き付けられた電熱線に代えて、シート状に加工された電気式ヒーターを含んでいてもよく、ガスバーナーなどであってもよい。第 1 水素生成部 4 0 の加熱器 4 2 は第 2 水素生成部 5 0 が所定の温度以上になった場合に停止されてもよい。なお、所定の温度は、例えば、第 2 水素生成部 5 0 が水素を生成可能になる 4 0 0 以上 8 0 0 以下程度の温度である。

【 0 0 3 1 】

バイパス配管 2 4 を通じて反応容器 4 1 の供給口からアンモニアが供給されると、アンモニアは第 1 触媒に接触しながら反応容器 4 1 の排出口に向かって流れる。第 1 触媒は、アンモニアを接触させることによって燃料極 1 1 に供給される水素を生成する。すなわち、第 1 触媒は、アンモニアの分解を促進する。したがって、反応容器 4 1 内でアンモニアから水素が生成され、生成された水素は反応容器 4 1 の排出口を通過して排出される。

10

【 0 0 3 2 】

第 1 触媒は、アンモニアから水素を生成することができれば、特に限定されず、公知の触媒を使用することができ、例えば、ルテニウム触媒及びニッケル触媒のいずれか少なくともいずれか一方を含んでいてもよい。反応容器 4 1 内の温度は、触媒の種類にもよるが、アンモニアを第 1 触媒に接触させることによって水素を高い効率で生成可能な温度であればよい。反応容器 4 1 内の温度は、例えば、4 0 0 以上 8 0 0 以下である。反応容器 4 1 内の温度は、供給口側から排出口側まで温度が均一であってもよい。また、反応容器 4 1 内の温度は、供給口側と排出口側で温度が異なってもよく、排出口側の温度が供給口側の温度よりも高くてもよい。

20

【 0 0 3 3 】

第 2 水素生成部 5 0 は、主に、発電時において、アンモニアから水素を生成する。第 2 水素生成部 5 0 では、好ましくは供給されるアンモニアの 9 0 体積 % 以上、より好ましくは 9 9 体積 % 以上が分解して水素が生成されることが好ましい。第 2 水素生成部 5 0 は、主に発電時において用いられる。具体的には、第 2 水素生成部 5 0 は、燃料電池本体 1 0 が発電温度域に至った場合に水素を生成する。なお、第 2 水素生成部 5 0 は、水素生成可能な温度にまで昇温されれば、起動時において水素を生成してもよい。

【 0 0 3 4 】

第 2 水素生成部 5 0 は、燃料供給管 2 1、アノード排気管 2 6、及びカソード排気管 3 8 に設けられる。第 2 水素生成部 5 0 は、燃料極 1 1 から排出されたアノードオフガスの熱、及び空気極 1 2 から排出されたカソードオフガスの熱と、第 2 触媒 5 2 に接触するアンモニアの熱とを交換する。図 3 及び図 4 に示すように、第 2 水素生成部 5 0 は、本体 5 1 と、第 2 触媒 5 2 と、仕切板 5 3 と、第 1 伝熱管 5 4 と、第 2 伝熱管 5 5 とを含む。第 2 水素生成部 5 0 は、エネルギー効率の観点から、電気式ヒーターのような加熱器を含んでいなくてもよい。

30

【 0 0 3 5 】

本体 5 1 は、内部が中空であり、アンモニアを含むガスの流れ方向の上流側の一端と下流側の他端とが燃料供給管 2 1 に接続されている。本体 5 1 は矩形状であり、本体 5 1 内の空間は、燃料供給管 2 1 と接続される端部から中心部に向かうにしたがってサイズが大きくなるように構成されている。なお、矩形状の本体 5 1 を例として説明しているが、本体 5 1 の形状は特に限定されず、例えば円筒形状であってもよい。本体 5 1 内の空間には、第 2 触媒 5 2 が収容されている。

40

【 0 0 3 6 】

第 2 触媒 5 2 は、アンモニアを接触させることによって水素を生成する。すなわち、第 2 触媒 5 2 は、アンモニアの分解を促進する。第 2 触媒 5 2 は、上述した第 1 触媒と同様の触媒を使用することができる。第 2 触媒 5 2 は粒形状であり、仕切板 5 3 によって、上流側に位置する空間 S A と、下流側に位置する空間 S B とに区画されて収容される。仕切板 5 3 は、複数の孔が形成された板であり、第 2 触媒 5 2 が通過して漏れ出ないように第 2 触媒 5 2 の大きさよりも小さい孔が設けられている。空間 S A 及び空間 S B には、同一

50

の触媒を配置してもよく、異なる触媒を配置してもよい。本体 5 1 内の空間に同一の種類の触媒を配置する場合には、空間 S A と空間 S B とを区画する仕切板 5 3 はなくてもよい。空間 S A と空間 S B に異なる種類の触媒を配置する場合には、例えば、空間 S A にはルテニウム触媒を配置し、空間 S B にはニッケル触媒を配置してもよい。

【 0 0 3 7 】

第 1 伝熱管 5 4 は、アノードオフガスが通過する配管であり、第 1 伝熱管 5 4 の両端は燃料供給管 2 1 に接続されている。第 1 伝熱管 5 4 は、入口マニホールド 5 4 a と、熱交換部 5 4 b と、出口マニホールド 5 4 c とを含む。入口マニホールド 5 4 a は、アノード排気管 2 6 と、熱交換部 5 4 b とを接続する。熱交換部 5 4 b は、少なくとも一部が空間 S A ( 第 2 触媒 5 2 ) 内に配される。熱交換部 5 4 b は、触媒との接触面積が大きくなるように、複数の U 字状配管が連なって形成されている。出口マニホールド 5 4 c は、アノード排気管 2 6 と、熱交換部 5 4 b とを接続する。アノードオフガスは、図の実線の矢印で示すように、入口マニホールド 5 4 a から出口マニホールド 5 4 c に向かって熱交換部 5 4 b を通過する。

10

【 0 0 3 8 】

第 2 伝熱管 5 5 は、カソードオフガスが通過する配管であり、第 2 伝熱管 5 5 の両端はカソード排気管 3 8 に接続されている。第 2 伝熱管 5 5 は、入口マニホールド 5 5 a と、熱交換部 5 5 b と、出口マニホールド 5 5 c とを含む。入口マニホールド 5 5 a は、カソード排気管 3 8 と、熱交換部 5 5 b とを接続する。熱交換部 5 5 b は、少なくとも一部が空間 S B ( 第 2 触媒 5 2 ) 内に配される。熱交換部 5 5 b は、触媒との接触面積が大きくなるように、複数の U 字状配管が連なって形成されている。出口マニホールド 5 5 c は、カソード排気管 3 8 と、熱交換部 5 5 b とを接続する。カソードオフガスは、図の破線の矢印で示すように、入口マニホールド 5 5 a から出口マニホールド 5 5 c に向かって熱交換部 5 5 b を通過する。

20

【 0 0 3 9 】

発電時において、アンモニアを含むガスは、図の白抜き矢印で示すように、供給口を通過して第 2 水素生成部 5 0 に供給される。空間 S A を通過するアンモニアを含むガスは、アノードオフガスと熱交換され、第 2 触媒 5 2 との接触により、アンモニアの一部から水素が生成される。空間 S A を通過後、空間 S B を通過するガスは、カソードオフガスと熱交換され、第 2 触媒 5 2 との接触により、残りのアンモニアから水素が生成される。第 2 水素生成部 5 0 で生成された水素を含むガスは、図の白抜き矢印で示すように、排出口を通過して第 2 水素生成部 5 0 から排出される。

30

【 0 0 4 0 】

空気熱交換器 5 7 は、空気供給管 3 1 を通過する空気が有する熱と、第 2 水素生成部 5 0 の下流のカソード排気管 3 8 を通過するカソードオフガスが有する熱とを熱交換させる。空気熱交換器 5 7 は、例えば 6 0 0 以上 8 0 0 以下の所定の温度まで空気を加熱する。空気熱交換器 5 7 は、空気供給管 3 1 を通過する空気によりカソードオフガスを冷却する。

【 0 0 4 1 】

オフガス燃焼部 6 0 は、アノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼する。オフガス燃焼部 6 0 は、図 1 に示すように、空気供給管 6 1 と、フィルタ 6 2 と、ブロワ 6 3 と、流量調整弁 6 4 と、オフガス燃焼器 6 5 と、熱回収器 6 6 と、気液分離部 6 7 とを含んでいる。

40

【 0 0 4 2 】

空気供給管 6 1 は、酸素がオフガス燃焼器 6 5 に供給可能なように設けられており、一端が開放され、他端がオフガス燃焼器 6 5 の供給口に接続される。空気供給管 6 1 には、フィルタ 6 2 と、ブロワ 6 3 と、流量調整弁 6 4 とが上流側からこの順番で設けられている。フィルタ 6 2 で除塵された空気は、ブロワ 6 3 によって、空気供給管 6 1 を通じてオフガス燃焼器 6 5 に供給される。カソードオフガス又はアノードオフガスの温度が高いと触媒の活性温度を上回るおそれがあるため、オフガス燃焼器 6 5 が触媒の活性温度又は耐

50

熱温度を超えないように、流量調整弁 6 4 の開度が調整される。

【 0 0 4 3 】

オフガス燃焼器 6 5 は、燃料極 1 1 から排気されるアノードオフガスと、空気極 1 2 から排気されるカソードオフガスと、空気とを含む混合ガスを燃焼させる。これにより、アノードオフガスに残存する水素を燃焼させることができる。オフガス燃焼器 6 5 は電気式ヒーター又はガスバーナーなどの加熱器を含んでいるため、混合ガスを起動時から燃焼させることができる。オフガス燃焼器 6 5 は、水素の燃焼を促進させる触媒を含んでいてもよく、触媒を含んでいなくてもよい。オフガス燃焼器 6 5 が触媒を含む場合、触媒の形状は特に限定されず、粒状であってもよく、ハニカム形状であってもよい。オフガス燃焼器 6 5 は、例えば、空間速度 ( S V 値 ) が数千  $\text{hr}^{-1}$  から数万  $\text{hr}^{-1}$  程度となるように設計される。アノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱は、第 1 水素生成部 4 0 において、第 1 触媒に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。

10

【 0 0 4 4 】

熱回収器 6 6 は、オフガス燃焼器 6 5 から排出される排気ガスが有する熱 ( 顕熱 ) を回収する。熱回収器 6 6 は、例えば、水冷式のラジエータであってもよく、空冷式のラジエータであってもよい。熱回収器 6 6 によって回収された熱は、水又は空気などの媒体を介して、不図示の温水利用設備に供給されたり、不図示の熱交換器によって熱交換されたりする。

【 0 0 4 5 】

気液分離部 6 7 は、熱回収器 6 6 から排出された混合物を気液分離する。混合物には、オフガス燃焼器 6 5 で燃焼して生成された水が含まれる。気液分離部 6 7 によって分離された廃液 ( ドレン ) は外部に排出される。また、気液分離部 6 7 によって分離された気体は、外部に排気される。

20

【 0 0 4 6 】

ホットモジュール 7 0 は、上述のように、燃料電池本体 1 0 と、第 2 水素生成部 5 0 と、空気熱交換器 5 7 とを含んでいる。ホットモジュール 7 0 は、図 5 に示すように、底板 7 1 と、カバー 7 2 と、断熱材 7 3 とを備えていてもよい。金属製又はセラミック製の底板 7 1 の上には燃料電池本体 1 0 が載置され、底板 7 1 とカバー 7 2 とによって区画された空間内に燃料電池本体 1 0 が配置されるように底板 7 1 にカバー 7 2 が固定されている。

30

【 0 0 4 7 】

底板 7 1 の燃料電池本体 1 0 とは反対側には、第 2 水素生成部 5 0 及び空気熱交換器 5 7 が配置されており、底板 7 1 と断熱材 7 3 とによって区画された空間内に第 2 水素生成部 5 0 及び空気熱交換器 5 7 が配置されている。これにより、第 2 水素生成部 5 0 及び空気熱交換器 5 7 の熱がホットモジュール 7 0 の外部への流出するのを抑制している。

【 0 0 4 8 】

また、第 2 水素生成部 5 0 及び空気熱交換器 5 7 は底板 7 1 に取り付けられている。第 2 水素生成部 5 0 及び空気熱交換器 5 7 は、燃料電池本体 1 0 と熱的に接続されており、燃料電池本体 1 0 の熱を有効に利用可能なように構成されている。これにより、第 2 水素生成部 5 0 は、アノード及びカソードオフガスの顕熱のみならず、燃料電池本体 1 0 の輻射熱を燃料極 1 1 に供給されるアンモニアに伝達することが可能となる。同様に、空気熱交換器 5 7 は、カソードオフガスの顕熱のみならず、燃料電池本体 1 0 の輻射熱を空気極 1 2 に供給される空気に伝達することが可能となる。なお、断熱材 7 3 による熱の移動は小さい方が好ましいが、完全にゼロである必要はない。

40

【 0 0 4 9 】

第 2 水素生成部 5 0 は、第 1 水素生成部 4 0 よりも燃料電池本体 1 0 に近い位置に配置される。すなわち、発電時において、第 2 水素生成部 5 0 が燃料電池本体 1 0 から受ける輻射熱は、第 1 水素生成部 4 0 が燃料電池本体 1 0 から受ける輻射熱よりも大きくなるよ

50

うに配置される。これにより、燃料電池本体 10 の輻射熱によって第 2 水素生成部 50 を効果的に加熱することができる。第 1 水素生成部 40 はホットモジュール 70 の外側に配置される。これにより、ホットモジュール 70 自体の大きさを小さくし、ホットモジュール 70 の外表面積を小さくすることができるため、ホットモジュール 70 から逃げ出す熱の量を低減することができる。したがって、燃料電池システム 1 のエネルギー効率を向上させることができる。

#### 【0050】

ホットモジュール 70 の外側に配置された燃料供給管 21、バイパス配管 24、第 1 水素生成部 40、アノード排気管 26、バイパス配管 32、空気加熱器 36、カソード排気管 38、オフガス燃焼器 65 などは高温になるおそれがある。そのため、燃料供給管 21、バイパス配管 24、第 1 水素生成部 40、アノード排気管 26、バイパス配管 32、空気加熱器 36、カソード排気管 38、及びオフガス燃焼器 65 からなる群より選択される少なくとも 1 以上の要素が図示しない断熱材によって覆われていてもよい。これにより、各要素内の温度が低下するのを抑制することができる。

10

#### 【0051】

インバータ 81 は、燃料電池本体 10 の燃料極 11 及び空気極 12 に接続される。インバータ 81 は、燃料電池本体 10 から出力された直流電流を交流電流に変換して図示しない負荷に供給する。インバータ 81 は、燃料電池本体 10 におけるセルの積層数、直列又は並列などの負荷の接続方式、100V 又は 200V などの負荷の電圧に基づいて設計される。なお、燃料電池本体 10 から出力される電圧が負荷の電圧より低い場合、インバータ 81 の前段に昇圧器 (DC-DC コンバータ) が設けられる。

20

#### 【0052】

操作部 82 は、タッチパネル、又は、ハードスイッチを含む。操作部 82 は、ユーザによる操作入力を受け付けると、受け付けた操作入力の種類に応じた信号を中央制御部 83 に出力する。操作入力は、例えば、運転開始、運転停止等である。

#### 【0053】

中央制御部 83 は、CPU (Central Processing Unit) を含む半導体集積回路で構成される。CPU を動作させるためのプログラム及びパラメータ等は、ROM (Read Only Memory) から読み出される。中央制御部 83 は、ワークエリアとしての RAM や他の電子回路と協働して燃料電池システム 1 全体を管理及び制御する。

30

#### 【0054】

本実施形態において、中央制御部 83 は、操作部 82 から出力された信号に基づき、流量調整機構 23、流量調整機構 25、プロワ 34、流量調整弁 35、空気加熱器 36、流量調整弁 37、加熱器 42、プロワ 63、流量調整弁 64、オフガス燃焼器 65 の加熱器、及びインバータ 81 を制御する。

#### 【0055】

中央制御部 83 は、所定の流量のアンモニアが燃料極 11 に供給されるように、流量調整機構 23 及び流量調整機構 25 の調整を制御する。中央制御部 83 は、起動時に第 1 水素生成部 40 で水素が生成され、発電時に第 2 水素生成部 50 で水素が生成されるように、加熱器 42 の起動又は停止、並びに流量調整機構 23 及び流量調整機構 25 の流量調節を制御する。中央制御部 83 は、燃料電池本体 10 が発電温度域に到達するように、プロワ 34 及び空気加熱器 36 を駆動し、流量調整弁 35 及び流量調整弁 37 の開度を調節する。中央制御部 83 は、オフガス燃焼器 65 が触媒の活性温度又は耐熱温度に維持されるように、プロワ 63 の駆動、及び流量調整弁 64 の開度を調節する。中央制御部 83 は、燃料電池本体 10 の発電出力、及び、負荷に基づいて、インバータ 81 を制御する。

40

#### 【0056】

筐体 84 は、燃料供給部 20、アノード排気管 26、空気供給部 30、カソード排気管 38、第 1 水素生成部 40、オフガス燃焼器 65、ホットモジュール 70、インバータ 81、中央制御部 83 を収容する。すなわち、アンモニア供給源 22、熱回収器 66、気液分離部 67 及び操作部 82 は、筐体 84 の外側に配置される。これにより、風雨、塵など

50

から燃料電池本体 10 等を保護することができる。

【0057】

次に、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 の運転方法について説明する。燃料電池システム 1 の運転方法は、起動工程と、発電工程とを含む。

【0058】

起動工程は、燃料電池システム 1 の起動時に実施される工程である。起動工程は、加熱された空気を空気極 12 に供給する工程と、第 1 触媒に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極 11 に供給する工程と、オフガスを燃焼する工程とを含む。

【0059】

加熱された空気を空気極 12 に供給する工程では、まず、空気加熱器 36 が加熱される。次に、空気供給管 31 に設けられた流量調整弁 37 が閉じられた状態で、バイパス配管 32 に設けられた流量調整弁 35 が開かれる。そして、プロワ 34 を起動することによってバイパス配管 32 に空気が流れ、この空気は空気加熱器 36 を通過することにより加熱される。加熱された空気は、バイパス配管 32 から空気供給管 31 に戻り、空気極 12 に供給される。燃料電池本体 10 の温度は起動時には発電温度域に達しておらず、燃料電池本体 10 には負荷が接続されていないため、空気極 12 に供給された空気はカソードオフガスとしてカソード排気管 38 からそのまま排出される。カソードオフガスは、第 2 水素生成部 50 を通過して熱を交換した後、空気熱交換器 57 を通過して熱交換する。空気熱交換器 57 を通過したカソードオフガスは、オフガス燃焼器 65 に導かれる。

【0060】

第 1 触媒に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極 11 に供給する工程では、まず、第 1 水素生成部 40 が加熱される。次に、燃料供給管 21 に設けられた流量調整機構 23 が閉じられた状態で、バイパス配管 24 に設けられた流量調整機構 25 が開かれ、アンモニア供給源 22 からアンモニアが第 1 水素生成部 40 に供給される。第 1 水素生成部 40 に供給されるアンモニアの流量は、燃料電池本体 10 の発電量が 1 kW - DC の場合、例えば約 3 L / min である。反応容器 41 内には、第 1 触媒が収容されており、加熱器 42 によって反応容器 41 が加熱されているため、第 1 水素生成部 40 を通過するアンモニアから水素が生成される。生成された水素は、第 1 水素生成部 40 から、第 2 水素生成部 50 を通過し、燃料極 11 に供給される。起動時には燃料電池本体 10 に負荷が接続されていないため、燃料極 11 に供給された水素は、燃料電池本体 10 の発電に寄与せず、そのままアノードオフガスとしてアノード排気管 26 から排出される。アノードオフガスは、第 2 水素生成部 50 を通過して熱を交換するとともに、オフガス燃焼器 65 に導かれる。

【0061】

オフガスを燃焼する工程では、まず、オフガス燃焼器 65 が加熱される。オフガス燃焼部 60 では、カソード排気管 38 を通じて供給されたカソードオフガス、及びアノード排気管 26 を通じて供給されたアノードオフガス、空気供給管 61 を通じて供給された空気を含むガスを燃焼し、アノードオフガスに残存する水素を燃焼させる。

【0062】

発電工程は、燃料電池システム 1 の発電時に実施される工程である。すなわち、発電工程は、起動工程の後に実施される。

【0063】

燃料電池本体 10 の温度が発電温度域に達すると、カソードオフガス及びアノードオフガスの加熱によって、第 2 水素生成部 50 がアンモニアから水素を効率的に生成可能な温度に達する。発電工程では、燃料極 11 から排出されたアノードオフガスの熱、及び空気極 12 から排出されたカソードオフガスの熱によって、第 2 触媒 52 に接触するアンモニアから生成された水素を、燃料極 11 に供給する。燃料電池本体 10 の温度が発電温度域に達すると、燃料電池本体 10 に負荷が接続され、燃料電池本体 10 が発電する。

【0064】

発電時には、第 1 水素生成部 40 の加熱器 42 による反応容器 41 の加熱は不要である

10

20

30

40

50

ため、加熱器 4 2 の加熱が停止される。また、燃料供給管 2 1 に設けられた流量調整機構 2 3 が開かれ、バイパス配管 2 4 に設けられた流量調整機構 2 5 が閉じられる。すなわち、アンモニア供給源 2 2 から供給されるアンモニアの流路がバイパス配管 2 4 から燃料供給管 2 1 に切り替えられ、第 1 水素生成部 4 0 へのアンモニアの供給が停止される。

【 0 0 6 5 】

第 2 水素生成部 5 0 へは、第 1 水素生成部 4 0 よりも多くのアンモニアが第 2 水素生成部 5 0 に供給される。第 2 水素生成部 5 0 へ供給されるアンモニアの流量は、燃料電池本体 1 0 の発電量が 1 k W - D C の場合、例えば約 1 0 L / m i n である。アンモニア供給源 2 2 から供給されたアンモニアは、第 2 水素生成部 5 0 に供給され、アンモニアから水素が生成される。第 2 水素生成部 5 0 で生成された水素は、燃料極 1 1 に供給される。

10

【 0 0 6 6 】

また、燃料電池本体 1 0 の温度が発電温度域に達すると、燃料電池本体 1 0 の発熱量でホットモジュール 7 0 内の温度を維持できる。そのため、空気加熱器 3 6 の加熱は停止され、空気供給部 3 0 のバイパス配管 3 2 に設けられた流量調整弁 3 5 が閉じられ、空気供給管 3 1 に設けられた流量調整弁 3 7 が開かれる。これにより、空気の流路が、バイパス配管 3 2 から空気供給管 3 1 に切り替えられ、空気熱交換器 5 7 によって加熱された空気を空気極 1 2 に供給することができる。

【 0 0 6 7 】

このように、本実施形態に係る燃料電池システム 1 及び燃料電池システム 1 の運転方法によれば、第 1 水素生成部 4 0 で生成された水素が起動時に燃料極 1 1 に供給されるため、起動時にアンモニアの分解を促進することができる。

20

【 0 0 6 8 】

[ 第 2 実施形態 ]

次に、図 6 を用い、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 1 について説明する。第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 では、第 2 水素生成部 5 0 は、燃料極 1 1 から排出されたアノードオフガスの熱及び空気極 1 2 から排出されたカソードオフガスの熱と、第 2 触媒 5 2 に接触するアンモニアの熱とを交換している。一方、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 1 では、第 2 水素生成部 5 0 は、燃料極 1 1 から排出されたアノードオフガスの熱と、第 2 触媒 5 2 に接触するアンモニアの熱とを交換する。

【 0 0 6 9 】

30

具体的には、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 では、第 2 水素生成部 5 0 が燃料供給管 2 1、アノード排気管 2 6、及びカソード排気管 3 8 に設けられていた。一方、第 2 実施形態に係る燃料電池システム 1 では、第 2 水素生成部 5 0 が燃料供給管 2 1 及びアノード排気管 2 6 に設けられている。また、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 では空気熱交換器 5 7 が使用されていたが、第 2 実施形態では空気熱交換器 5 7 に代えて空気熱交換器 5 8 が使用されている。第 1 実施形態の空気熱交換器 5 7 はカソード排気管 3 8 における第 2 水素生成部 5 0 の下流側に設けられていたが、第 2 実施形態では第 2 水素生成部 5 0 はカソード排気管 3 8 に設けられておらず、空気熱交換器 5 8 がカソード排気管 3 8 に設けられている。

【 0 0 7 0 】

40

空気熱交換器 5 8 は、空気供給管 3 1 を通過する空気が有する熱と、カソード排気管 3 8 を通過するカソードオフガスが有する熱とを熱交換させる。空気熱交換器 5 8 は、例えば 6 0 0 以上 8 0 0 以下の所定の温度まで空気を加熱する。空気熱交換器 5 8 は、空気供給管 3 1 を通過する空気によりカソードオフガスを冷却する。

【 0 0 7 1 】

本実施形態に係る燃料電池システム 1 では、第 2 水素生成部 5 0 は、燃料極 1 1 から排出されたアノードオフガスの熱と、第 2 触媒 5 2 に接触するアンモニアの熱とを交換する。本実施形態に係る燃料電池システム 1 においても、第 1 実施形態に係る燃料電池システム 1 と同様に、第 1 水素生成部 4 0 で生成された水素が起動時に燃料極 1 1 に供給されるため、起動時にアンモニアの分解を促進することができる。

50

## 【 0 0 7 2 】

なお、第2実施形態に係る燃料電池システム1では、第2水素生成部50は、燃料極11から排出されたアノードオフガスの熱と、第2触媒52に接触するアンモニアの熱とを交換している。しかしながら、第2水素生成部50は、空気極12から排出されたカソードオフガスの熱と、第2触媒52に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。また、第2水素生成部50は、アノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱と、第2触媒52に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。また、第2水素生成部50は、これらの組み合わせであってもよい。すなわち、第2水素生成部50は、燃料極11から排出されたアノードオフガスの熱、空気極12から排出されたカソードオフガスの熱、及びアノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱と、第2触媒52に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。

10

## 【 0 0 7 3 】

次に、燃料電池システム1及び燃料電池システムの運転方法の効果について説明する。

## 【 0 0 7 4 】

本実施形態に係る燃料電池システム1は、燃料極11と、空気極12とを含む燃料電池本体10を備える。燃料電池システム1は、アンモニアを接触させることによって燃料極11に供給される水素を生成する第1触媒を含む起動時用の第1水素生成部40を備える。燃料電池システム1は、アンモニアを接触させることによって燃料極11に供給される水素を生成する第2触媒52を含む発電時用の第2水素生成部50を備える。第2水素生成部50は、燃料極11から排出されたアノードオフガスの熱、空気極12から排出されたカソードオフガスの熱、及びアノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱と、第2触媒52に接触するアンモニアの熱とを交換する。

20

## 【 0 0 7 5 】

また、本実施形態に係る燃料電池システム1の運転方法は、第1触媒に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極11に供給する起動工程を含む。燃料電池システム1の運転方法は、起動工程の後、燃料極11から排出されたアノードオフガスの熱、空気極12から排出されたカソードオフガスの熱、及びアノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼して得られた排気ガスの熱からなる群より選択される少なくとも1以上の熱によって、第2触媒52に接触するアンモニアから生成された水素を燃料極11に供給する発電工程を含む。

30

## 【 0 0 7 6 】

本実施形態に係る燃料電池システム1によれば、起動時には、第1水素生成部40によって生成された水素が燃料極11に供給される。そのため、起動時に燃料極11が酸化雰囲気下に置かれても、燃料極11の触媒が酸化されるのを抑制することができる。

## 【 0 0 7 7 】

また、起動時には、第1水素生成部40によって生成された水素が燃料極11に供給される。そのため、燃料極11には水素を主成分とするガスが供給されるため、起動時に、毒性のあるアンモニアが排気されるのを抑制することができる。また、本実施形態に係る燃料電池システム1によれば、アンモニアが燃焼した後の窒素酸化物を処理する特別な装置を別途設ける必要がなくなる。

40

## 【 0 0 7 8 】

また、発電時には、第2水素生成部50によって生成された水素が燃料極11に供給される。そのため、燃料電池本体10及び燃料供給管21などのように高温になる部分が、アンモニアによって窒化されるおそれを低減することができる。

## 【 0 0 7 9 】

また、第2水素生成部50は、熱交換機能を有しているため、発電時には、電気式ヒーターのような加熱器で加熱しなくても、アンモニアから水素を生成することができる。したがって、電気式ヒーターのみで加熱した場合と比較し、燃料電池システム1の消費エネ

50

ルギーを低減させることができる。

【0080】

また、発電時用の第2水素生成部50が熱交換機能のみを有し、電気ヒーターのような加熱器を有しない場合には、第2水素生成部50がアンモニアを分解可能な温度まで昇温するのに例えば20時間といった長い時間を要する場合がある。一方、燃料電池システム1は、起動時用の第1水素生成部40を備え、起動時において燃料極11に水素を供給することができる。第1水素生成部40は簡易な構成とすることが可能であるため、燃料電池システム1のメンテナンスを容易にすることができる。

【0081】

また、第1水素生成部40又は第2水素生成部50によってアンモニアから水素が生成されるため、水素ポンペなどのような水素を供給するのに必要な装置を別途設ける必要がない。そのため、燃料電池システム1の構成を簡素にすることができ、燃料電池システム1のメンテナンスを容易にすることができる。

10

【0082】

このように、本実施形態に係る燃料電池システム1及び燃料電池システム1の運転方法によれば、起動時にアンモニアの分解を促進することができる。

【0083】

第1水素生成部40に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーは、第2水素生成部50に供給されるアンモニアが分解され、水素が生成される温度を維持するのに要するエネルギーよりも小さくてもよい。これにより、第1水素生成部40を第2水素生成部50よりも容易に小型化することができる。

20

【0084】

第1水素生成部40は、第2水素生成部50よりも小さい熱容量を有していてもよい。これにより、小さいエネルギーであっても、第1水素生成部40の温度を、さらに容易に昇温することができる。

【0085】

第1水素生成部40は、加熱器42を含んでいてもよい。これにより、第1水素生成部40を素早く加熱することができるため、短時間で水素が生成可能な温度まで昇温することができる。

【0086】

第1水素生成部40の加熱器42は第2水素生成部50が所定の温度以上になった場合に停止されてもよい。第2水素生成部50が所定の温度以上となった場合には、第2水素生成部50で水素の生成が可能になる。第2水素生成部50は、高温のアノード又はカソードオフガスを使用して水素の生成に必要な温度を維持することができるため、第1水素生成部40は加熱されなくてもよい。したがって、第1水素生成部40の加熱を停止することにより、燃料電池システム1の消費エネルギーを低減することができる。

30

【0087】

第2水素生成部50は、第1水素生成部40よりも燃料電池本体10に近い位置に配置されてもよい。これにより、燃料電池本体10の輻射熱によって第2水素生成部50を加熱することができる。また、第1水素生成部40をホットモジュール70の外側に配置してもよい。これにより、ホットモジュール70自体の大きさを小さくし、ホットモジュール70の表面積を小さくすることができるため、ホットモジュール70から逃げ出す熱の量を低減することができる。したがって、燃料電池システム1のエネルギー効率を向上させることができる。

40

【0088】

燃料電池システム1は、アノードオフガスとカソードオフガスとを含む混合ガスを燃焼するオフガス燃焼部60をさらに備えてもよい。これにより、アノードオフガスに残存する水素を燃焼させることができる。また、第1水素生成部40は、混合ガスの燃焼によって得られた排気ガスの熱と、第1触媒に接触するアンモニアの熱とを交換してもよい。オフガス燃焼部60は、カソードオフガス及びアノードオフガスを燃料電池本体10の起動

50

時から燃焼するため、起動時であっても、第1水素生成部40で必要な少なくとも一部の熱を供給することができる。このような熱交換器を使用すれば、第1水素生成部40を素早く加熱するとともに、起動時に時間をかけることなく、オフガス燃焼部60の熱エネルギーを有効利用することができる。

【0089】

第1水素生成部40と第2水素生成部50とは直列に配置されてもよい。これにより、起動時において、第1水素生成部40で加熱されて生成された水素が、第2水素生成部50に供給されることから、第2水素生成部50の加熱を促進することができる。そのため、燃料電池本体10をより早く起動させることができる。なお、起動時において、第1水素生成部40と第2水素生成部50とは並列に配置されてもよい。

10

【0090】

いくつかの実施形態を説明したが、上記開示内容に基づいて実施形態の修正又は変形をすることが可能である。上記実施形態のすべての構成要素、及び請求の範囲に記載されたすべての特徴は、それらが互いに矛盾しない限り、個々に抜き出して組み合わせてもよい。

【符号の説明】

【0091】

- 1 燃料電池システム
- 10 燃料電池本体
- 11 燃料極
- 12 空気極
- 40 第1水素生成部
- 42 加熱器
- 50 第2水素生成部
- 60 オフガス燃焼部

20

30

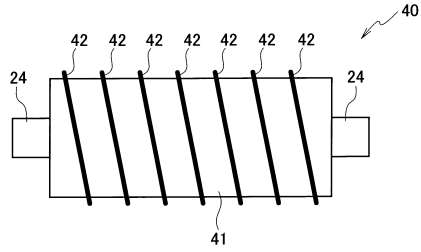
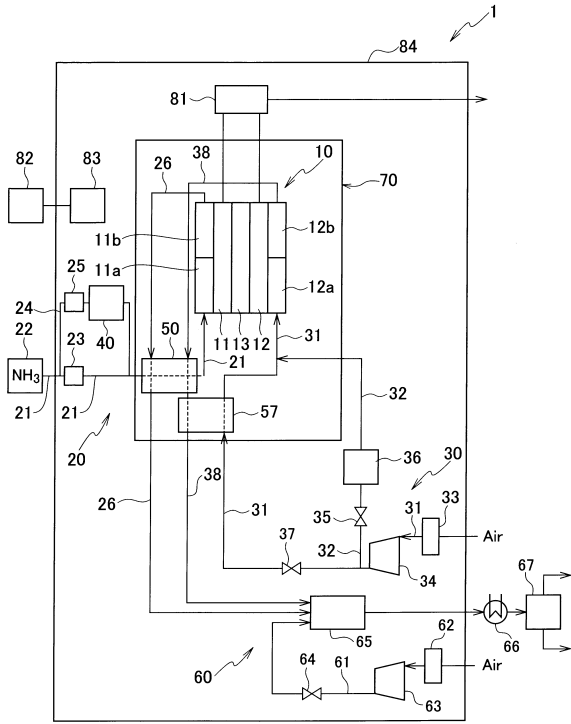
40

50

【 図面 】

【 図 1 】

【 図 2 】

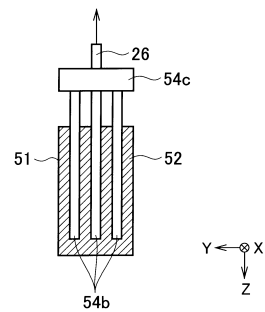
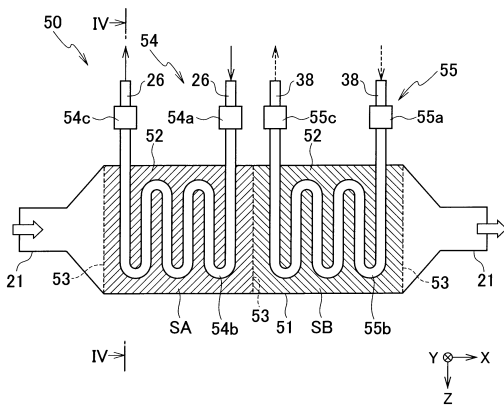


10

20

【 図 3 】

【 図 4 】

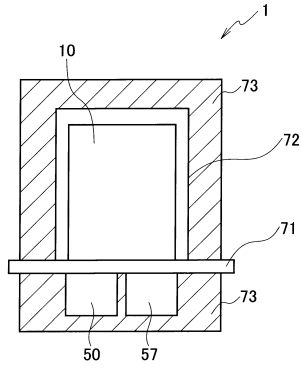


30

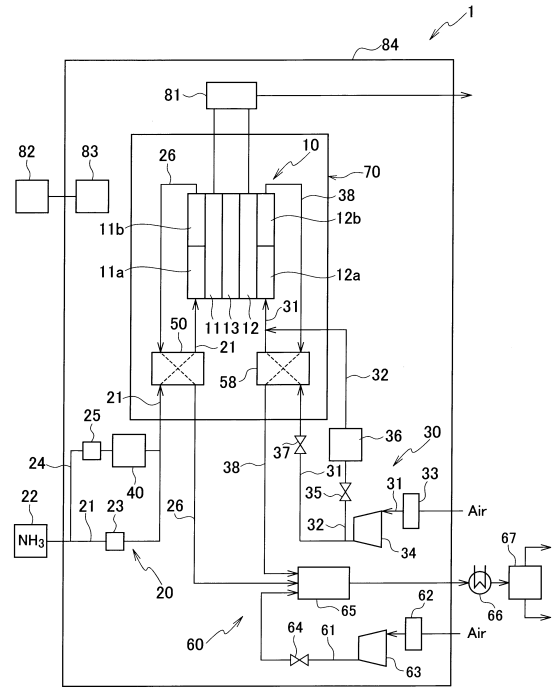
40

50

【 図 5 】



【 図 6 】



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 0 1 M 8/12 (2016.01) H 0 1 M 8/12 1 0 1
- 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
- (72)発明者 村本 知哉  
東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
- (72)発明者 大原 宏明  
東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
- (72)発明者 松尾 貴寛  
東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 I H I 内
- 審査官 橋本 敏行
- (56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 2 1 0 8 6 ( J P , A )  
特表 2 0 1 8 - 5 3 0 8 5 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 7 - 0 8 4 5 9 2 ( J P , A )  
米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 0 2 8 1 7 1 ( U S , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)  
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5