

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6409710号
(P6409710)

(45) 発行日 平成30年10月24日(2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日(2018.10.5)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 M 8/04007 (2016.01)

H O 1 M 8/04007

H O 1 M 8/04701 (2016.01)

H O 1 M 8/04701

H O 1 M 8/0606 (2016.01)

H O 1 M 8/0606

H O 1 M 8/04 (2016.01)

H O 1 M 8/04

J

H O 1 M 8/24 (2016.01)

H O 1 M 8/04

N

請求項の数 7 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-151575 (P2015-151575)
 (22) 出願日 平成27年7月31日(2015.7.31)
 (65) 公開番号 特開2016-46247 (P2016-46247A)
 (43) 公開日 平成28年4月4日(2016.4.4)
 審査請求日 平成29年11月17日(2017.11.17)
 (31) 優先権主張番号 特願2014-166527 (P2014-166527)
 (32) 優先日 平成26年8月19日(2014.8.19)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74) 代理人 100140486
 弁理士 鎌田 徹
 (74) 代理人 100170058
 弁理士 津田 拓真
 (74) 代理人 100139066
 弁理士 伊藤 健太郎
 (72) 発明者 向原 佑輝
 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 早坂 厚
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料ガス及び酸化剤ガスによって発電する燃料電池装置であって、
 原料ガスを改質して前記燃料ガスを生成する改質器(302)と、
 前記酸化剤ガスを通し加熱するための加熱流路(40, 40B, 40D, 40E, 40E2)と、
 前記燃料ガスと前記加熱流路によって加熱された酸化剤ガスとの供給を受けて発電するセルスタック(CS)と、
 前記セルスタックから排出された前記燃料ガスを燃焼させた燃焼排ガスを通すための排出流路(41, 41B, 41D, 41E)と、を備え、
 前記加熱流路の一端側に設けられた流入口(401a, 401Ba, 401Da, 40Ea)から流入した前記酸化剤ガスは、前記セルスタック及び前記排出流路から受熱して前記加熱流路の他端側に設けられた流出口(403b, 403Bb, 403Db, 40Eb)から流出するものであって、
 前記他端側における前記酸化剤ガスの熱を前記一端側における前記酸化剤ガスに戻す熱戻し部(50, 50B, 50D, 50E, 50E1, 50E2)が設けられており、
 前記熱戻し部(50, 50B, 50D)は、少なくとも前記加熱流路が折り返され、前記一端側と前記他端側とが近接配置されることによって構成され、
 前記加熱流路は、第1流路部分(401, 401B, 401D)と、前記第1流路部分に繋がり前記第1流路部分に対し反対方向に向かう第2流路部分(403, 403B, 4

10

20

03D)とを有し、

前記排出流路は、第3流路部分(411, 411B, 411D)と、前記第3流路部分に繋がり前記第3流路部分に対し反対方向に向かう第4流路部分(412, 412B, 412D)とを有し、

前記第2流路部分は前記セルスタックを囲むように配置されることで前記セルスタックからの輻射熱を受けるように構成され、

前記第2流路部分の外側には順に、前記第3流路部分、前記第4流路部分、前記第1流路部分が配置されることで、前記第1流路部分は前記第4流路部分から受熱し、前記第2流路部分は前記第3流路部分から受熱するように構成されている、燃料電池装置。

【請求項2】

前記第1流路部分は下方から上方に向かって酸化剤ガスが流れ、前記第2流路部分は上方から下方に向かって酸化剤ガスが流れ、前記第3流路部分は下方から上方に向かって燃焼排ガスが流れ、前記第4流路部分は上方から下方に向かって燃焼排ガスが流れる、請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項3】

前記第1流路部分は上方から下方に向かって酸化剤ガスが流れ、前記第2流路部分は下方から上方に向かって酸化剤ガスが流れ、前記第3流路部分は上方から下方に向かって燃焼排ガスが流れ、前記第4流路部分は下方から上方に向かって燃焼排ガスが流れる、請求項1に記載の燃料電池装置。

【請求項4】

前記第1流路部分を通る間の前記酸化剤ガスの温度上昇量が、前記第2流路部分を通る間の前記酸化剤ガスの温度上昇量よりも大きい、請求項1から3のいずれか1項に記載の燃料電池装置。

【請求項5】

前記第1流路部分及び前記第4流路部分の少なくとも一方に、伝熱面積拡大部(420, 420A)が設けられている、請求項1から3のいずれか1項に記載の燃料電池装置。

【請求項6】

前記第1流路部分(401B)の流路幅は前記第2流路部分(403B)の流路幅よりも狭くなるように構成されている、請求項1から3のいずれか1項に記載の燃料電池装置。

【請求項7】

前記第4流路部分(412B)の流路幅は前記第3流路部分(411B)の流路幅よりも狭くなるように構成されている、請求項6に記載の燃料電池装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料ガス及び酸化剤ガスによって発電する燃料電池装置に関する。

【背景技術】

【0002】

燃料電池装置は、燃料ガス及び酸化剤ガスが持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電装置である。その発電効率は非常に高く、また排出されるガスも比較的クリーンであることから、次世代の発電装置として注目されている。燃料電池装置では、高負荷運転時には冷却ガスを導入してセルスタックの温度を下げるが行われる一方で、冷却ガスの導入に伴う課題を解決する手段が提案されている(下記特許文献1参照)。

【0003】

このような冷却ガスの導入によってセルスタックの過度な高温化は避けられるものの、セルスタック内における温度分布の差が顕著になり、様々な不具合が発生する可能性がある。そこで、下記特許文献1に記載の燃料電池装置では、燃料ガス及び酸化剤ガスのいずれかを導入する隔壁部に微細な凹凸を設け、燃料ガス及び酸化剤ガスの熱交換効率を高めることを提案している。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2010-27215号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献1では、平板型の単セルを積層したセルスタックにおいて、それら単セルの主面に沿った方向の温度分布を極力均一にすることに注目している。しかしながら、このような水平方向の温度分布対策のみでは、セルスタックにおける単セルの積層数が多く
10
なりその積層方向の厚みが増した場合に顕著になる積層方向の温度分布対策が十分になされない。更に、隔壁部の流路によって、セルスタックの流路も決められてしまうことから、セルスタックの流路形状が限定されてしまうことが課題として挙げられる。

【0006】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、平板型の単セルを積層したセルスタックを有する燃料電池装置において、セルスタック内の流路によらず、積層方向の温度分布差を抑制できる燃料電池装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために本発明に係る燃料電池装置は、燃料ガス及び酸化剤ガスによって発電する燃料電池装置であって、原料ガスを改質して燃料ガスを生成する改質器(302)と、酸化剤ガスを通し加熱するための加熱流路(40, 40B, 40D, 40E, 40E2)と、燃料ガスと加熱流路によって加熱された酸化剤ガスとの供給を受けて発電するセルスタック(CS)と、セルスタックから排出された燃料ガスを燃焼させた燃焼排ガスを通すための排出流路(41, 41B, 41D, 41E)と、を備える。加熱流路の一端側に設けられた流入口(401a, 401Ba, 401Da, 40Ea)から流入した酸化剤ガスは、セルスタック及び排出流路から受熱して加熱流路の他端側に設けられた流出口(403b, 403Bb, 403Db, 40Eb)から流出する。この燃料電池装置には、他端側における酸化剤ガスの熱を一端側における酸化剤ガスに戻す熱戻し部(50, 50B, 50D, 50E, 50E1, 50E2)が設けられている。前記熱戻し部(50, 50B, 50D)は、少なくとも前記加熱流路が折り返され、前記一端側と前記他端側とが近接配置されることによって構成されている。前記加熱流路は、第1流路部分(401, 401B, 401D)と、前記第1流路部分に繋がり前記第1流路部分に対し反対方向に向かう第2流路部分(403, 403B, 403D)とを有している。前記排出流路は、第3流路部分(411, 411B, 411D)と、前記第3流路部分に繋がり前記第3流路部分に対し反対方向に向かう第4流路部分(412, 412B, 412D)とを有している。前記第2流路部分は前記セルスタックを囲むように配置されることで前記セルスタックからの輻射熱を受けるように構成され、前記第2流路部分の外側には順に、前記第3流路部分、前記第4流路部分、前記第1流路部分が配置されることで、前記第1流路部分は前記第4流路部分から受熱し、前記第2流路部分は前記第3流路部分から受熱
20
30
40
するように構成されている。

【0008】

本発明に係る燃料電池装置には熱戻し部が設けられているので、加熱流路の他端側における酸化剤ガスの熱を、加熱流路の一端側における酸化剤ガスに戻すことができる。流入口から加熱流路に流入する酸化剤ガスは、加熱流路内を流れることによって温度が上昇していくものなので、上記したような熱の還流を行うと、加熱流路内の酸化剤ガス温度が均一化される方向に調整される。積層方向においてセルスタックからの輻射熱量を均一化するためには、積層方向各部においてセルスタック温度と加熱流路壁温度との温度差を少なくすることが望ましい。本発明では、加熱流路内の酸化剤ガス温度が均一化される方向に調整されるので、セルスタック温度と加熱流路壁温度との温度差を少なくすることができ
50

る。

【 0 0 0 9 】

また本発明に係る燃料電池装置においては、熱戻し部（ 5 0 , 5 0 B , 5 0 D ）は、少なくとも加熱流路が折り返され、一端側と他端側とが近接配置されることによって構成されることも好ましい。

【 0 0 1 0 】

この好ましい態様においては、加熱流路を折り返すことで熱戻し部を形成しているので、別途部材を追加すること無く加熱流路を折り返すという簡便な構成で、セルスタック積層方向における温度分布差を抑制することができる。

【 0 0 1 1 】

また本発明に係る燃料電池装置においては、加熱流路は、下方から上方へ向かう第 1 流路部分（ 4 0 1 , 4 0 1 B , 4 0 1 D ）と、第 1 流路部分に繋がり上方から下方へ向かう第 2 流路部分（ 4 0 3 , 4 0 3 B , 4 0 3 D ）とを有する。排出流路は、下方から上方へ向かう第 3 流路部分（ 4 1 1 , 4 1 1 B , 4 1 1 D ）と、第 3 流路部分に繋がり上方から下方へ向かう第 4 流路部分（ 4 1 2 , 4 1 2 B , 4 1 2 D ）とを有することもできる。第 2 流路部分はセルスタックを囲むように配置されることでセルスタックからの輻射熱を受けるように構成されている。第 2 流路部分の外側には順に、第 3 流路部分、第 4 流路部分、第 1 流路部分が配置されることで、第 1 流路部分は第 4 流路部分から受熱し、第 2 流路部分は第 3 流路部分から受熱するように構成されている。

【 0 0 1 2 】

この好ましい態様では、セルスタックを囲むように、第 2 流路部分、第 3 流路部分、第 4 流路部分、第 1 流路部分が順に配置されており、その内部を流れる酸化剤ガスの温度が十分に上昇するように構成された第 1 流路部分が最も外側に配置される。そのため、第 1 流路部分が断熱材の役割を果たすことができ、別途設ける断熱材の量を低減することができる。と共に、積層方向の温度分布差も抑制することができる。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、平板型の単セルを積層したセルスタックを有する燃料電池装置において、セルスタック内の流路によらず、積層方向の温度分布差を抑制できる燃料電池装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る燃料電池装置の内部構造を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示される燃料電池装置におけるガス及び水の流れを説明するためのブロック図である。

【図 3】図 3 は、図 1 に示される伝熱面積拡大部を説明するための部分断面図である。

【図 4】図 4 は、図 3 に示される伝熱面積拡大部の変形例を説明するための部分断面図である。

【図 5】図 5 は、本発明の第 1 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の構成を説明するための図である。

【図 6】図 6 は、本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池装置の内部構造を示す模式図である。

【図 7】図 7 は、本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の構成を説明するための図である。

【図 8】図 8 は、本発明の第 3 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の構成を説明するための図である。

【図 9】図 9 は、本発明の第 4 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の構成を説明するための図である。

【図 10】図 10 は、本発明の第 4 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の具体

10

20

30

40

50

例を説明するための図である。

【図 1 1】図 1 1 は、本発明の第 4 実施形態に係る燃料電池装置における熱戻し部の具体例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0016】

図 1 及び図 2 を参照しながら本発明の第 1 実施形態に係る燃料電池装置 F C について説明する。図 1 に示されるように、燃料電池装置 F C は、セルスタック C S と、ケーシング 1 0 と、燃焼器 2 0 と、改質ユニット 3 0 とを備えている。

【0017】

セルスタック C S は、複数の単セルの集合体である。各単セルは、固体酸化物形の燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell: S O F C) であって、平板状の固体電解質の一方側の面に燃料極 (アノード) が形成され、他方側の面に空気極 (カソード) が形成された構成となっている。これら燃料極及び空気極は、いずれも導電性のセラミックスで形成された多孔質体である。

【0018】

セルスタック C S では、全ての単セルが上下方向に積層されており、これらが電氣的に直列接続された状態となっている。セルスタック C S は、スタックアダプタ A D を介してベースプレート B P の上面側に立設されている。

【0019】

スタックアダプタ A D は、内部に複数のガス流路が形成された板状の部材である。セルスタック C S に対する燃料ガスの供給は、スタックアダプタ A D を介して行われる。また、セルスタック C S からのガスの排出 (発電に供しなかった残余の燃料ガス及び空気の排出) も、スタックアダプタ A D を介して行われる。ベースプレート B P は、ケーシング 1 0 の内部に水平に配置された円形の金属板である。ベースプレート B P により、ケーシング 1 0 の内部空間は概ね上下 2 室に分けられている。

【0020】

ケーシング 1 0 は、セルスタック C S、燃焼器 2 0、改質ユニット 3 0 等を内部に収容する略円柱形状の筐体である。ケーシング 1 0 は、その側面及び上面の全体を断熱材により覆われている。ケーシング 1 0 は、第 1 筒状体 1 1 0 と、第 2 筒状体 1 2 0 と、第 3 筒状体 1 3 0 と、第 4 筒状体 1 4 0 と、第 5 筒状体 1 5 0 と、第 6 筒状体 1 6 0 とを有している。第 1 筒状体 1 1 0、第 2 筒状体 1 2 0、第 3 筒状体 1 3 0、第 4 筒状体 1 4 0、第 5 筒状体 1 5 0、及び第 6 筒状体 1 6 0 は、いずれも金属製で中心軸周りに略円筒状に形成されており、それぞれの中心軸が同軸となるように配置されている。図 1 は、当該中心軸に沿う平面を断面とする燃料電池装置 F C の模式的な断面図である。

【0021】

第 1 筒状体 1 1 0 は、ケーシング 1 0 のうち最も内側に配置された筒状体であって、セルスタック C S 及びスタックアダプタ A D をその内部に収容している。第 1 筒状体 1 1 0 の上端は水平な天板 1 8 1 によって塞がれている。また、第 1 筒状体 1 1 0 の下端はベースプレート B P の上面に当接した状態で固定されている。第 1 筒状体 1 1 0 の下端から上端までの高さは、スタックアダプタ A D の下端からセルスタック C S の上端までの高さよりも高くなっている。このため、天板 1 8 1 とセルスタック C S の上端とは離間している。第 1 筒状体 1 1 0 の下部には、貫通孔である吹出口 1 1 1 が複数形成されている。これら複数の吹出口 1 1 1 は、同じ高さにおいて等間隔に並ぶよう形成されている。吹出口 1 1 1 は、セルスタック C S に向けて供給される発電用の空気 (酸化剤ガス) が通る孔である。

【0022】

第2筒状体120は、第1筒状体110を外側から囲むように配置された筒状体である。第2筒状体120の内側面と第1筒状体110の外側面との間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。第2筒状体120と第1筒状体110との間に形成された空間は、発電用の空気が加熱されながら通る空気流路403（本願発明の第2流路部分に相当する）となっている。

【0023】

第2筒状体120の内径は、ベースプレートBPの外径と略等しい。第2筒状体120の下端部近傍における内側面は、全周に亘ってベースプレートBPの側面に当接している。当該当接部分において、第2筒状体120がベースプレートBPに対して固定されている。このような構成により、ベースプレートBPよりも下方側の空間と空気流路403との間を気体が出入りすることはできなくなっている。

10

【0024】

第3筒状体130は、第2筒状体120を外側から囲むように配置された筒状体である。第3筒状体130の内側面と第2筒状体120の外側面との間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。第3筒状体130と第2筒状体120との間に形成された空間は、燃焼器20における燃焼により生じた高温の燃焼排ガスが通る排ガス流路411（本願発明の第3流路部分に相当する）となっている。第3筒状体130の上端は、第2筒状体120の上端よりも低い位置に配置されている。第3筒状体130はベースプレートBPの下端よりも更に下方側まで延びている。

【0025】

20

第4筒状体140は、第3筒状体130を外側から囲むように配置された筒状体である。第4筒状体140の内側面と第3筒状体130の外側面との間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。第4筒状体140と第3筒状体130との間に形成された空間は、燃焼器20における燃焼により生じた高温の燃焼排ガスが通る排ガス流路412（本願発明の第4流路部分に相当する）となっている。排ガス流路412は、より下方に位置する排ガス流路413に繋がっている。排ガス流路413は、改質ユニット30の側方まで燃焼排ガスを導く流路である。

【0026】

第2筒状体120の上端と第4筒状体140の上端とは、その高さ方向の位置が同一となっている。両者は、水平に配置されたドーナツ状（略中央に略円形の穴が形成された状態、以下同じ）の円板である天板182により繋がれている。つまり、第2筒状体120の上端が天板182の内周端に繋がれており、第4筒状体140の上端が天板182の外周端に繋がれている。第3筒状体130の上端と天板182との間には隙間が形成されている。このため、排ガス流路411と排ガス流路412とは、それぞれの上端部において互いに繋がっている。

30

【0027】

第3筒状体130の下端と第4筒状体140の内側面とは、水平に配置されたドーナツ状の円板である底板183により繋がれている。つまり、排ガス流路412の下端が底板183により塞がれている。

【0028】

40

第4筒状体140の下部（底板183よりも僅かに上方側）には、ガス排出管191が接続されている。ガス排出管191の内部空間は排ガス流路413に通じている。ガス排出管191は、排ガス流路413を通った燃焼排ガスをケーシング10の外部に排出し、後述の排熱回収器62に供給するための配管である。

【0029】

第4筒状体140は、第3筒状体130の下端よりも更に下方側まで延びている。第4筒状体140の下端には、当該下端から外側に向かって延びる水平なフランジ部141が形成されている。フランジ部141は、燃料電池装置FCが設置される際においてケーシング10の固定に利用されるフランジである。

【0030】

50

第4筒状体140の下端部近傍には、水平な円板である底板184が配置されている。底板184の外径は第4筒状体140の内径と略等しい。底板184は、その外側面全体を第4筒状体140の内側面に当接させた状態で固定されている。底板184の下方側の空間には断熱材T Iが配置されている。

【0031】

第5筒状体150は、ケーシング10のうち最も外側に配置された筒状体であり、第4筒状体140の上部を外側から囲むように配置されている。第5筒状体150の内側面と第4筒状体140の外側面との間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。第5筒状体150と第4筒状体140との間に形成された空間は、発電用の空気が加熱されながら通る空気流路401（本願発明の第1流路部分に相当する）となっている。

10

【0032】

第5筒状体150は、第1筒状体110、第2筒状体120、第3筒状体130、及び第4筒状体140のいずれの上端よりも更に上方側まで延びている。第5筒状体150の上端は水平な天板185によって塞がれている。天板185と天板182との間には隙間402が形成されている。空気流路401の上端部と空気流路403の上端部とは、隙間402を介して互いに繋がっている。

【0033】

第5筒状体150の下端と第4筒状体140の外側面とは、水平に配置されたドーナツ状の円板である底板186により繋がれている。つまり、空気流路401の下端が底板186により塞がれている。

20

【0034】

第5筒状体150の下部（底板186よりも僅かに上方側）には、空気導入管192が接続されている。空気導入管192の内部空間は空気流路401に通じている。空気導入管192は、発電用の空気をケーシング10の内部に導入するための配管である。

【0035】

本実施形態では、本発明の第1流路部分に相当する空気流路401を通る間の空気の温度上昇量が、本発明の第2流路部分に相当する空気流路403を通る間の空気の温度上昇量よりも大きくなるように構成されている。具体的には、空気流路401と、本願発明の第4流路部分に相当する排ガス流路412と、の間に伝熱面積拡大部420が設けられている。

30

【0036】

図3を参照しながら伝熱面積拡大部420について説明する。図3に示されるように、伝熱面積拡大部420は、第4筒状体140の両側面に設けられてなるコルゲートフィンとして構成されている。第4筒状体140の外側、すなわち空気流路401側には凸部421及び凹部422を交互に有するコルゲートフィンが形成されている。第4筒状体140の内側、すなわち排ガス流路412側には凸部423及び凹部424を交互に有するコルゲートフィンが形成されている。

【0037】

このように、空気流路401と排ガス流路412との間の伝熱面積が拡大されるので、排ガス流路412を流れる燃焼排ガスの熱が効率良く第4筒状体140に伝えられ、その伝えられた熱も効率良く空気流路401を流れる空気に伝えられる。従って、空気流路401を流れる空気の温度上昇量は、空気流路403を流れる空気の温度上昇量よりも大きくなる。

40

【0038】

セルスタックCSは、特に上部の温度が中部及び下部の温度に比較して低くなりがちであるところ、効率良く加熱された空気が空気流路401から隙間402を通過して上方から空気流路403に入り込むので、セルスタックCSの上部に対して効率的に熱を与えることができる。また、空気流路403に高温の空気が流れこむことになるので、セルスタックCSの積層方向（空気流路403が延びる方向）の温度分布を低減することができる。本実施形態の場合は、天板181と天板185との間に隙間が設けられており、空気流路

50

４０１を流れて加熱された空気がその隙間にも入り込むので、セルスタックＣＳの上部に対してより効率的に熱を与えることができる。

【００３９】

尚、図４に示されるように、第４筒状体１４０に直接凸部４２１Ａ及び凹部４２２Ａを設けて伝熱面積拡大部４２０Ａとしても上述した伝熱面積拡大部４２０と同様の作用効果を得ることができる。更に、伝熱面積拡大部４２０Ａは、図３に示された伝熱面積拡大部４２０に比較して部品点数を減らすことができるので、軽量化及び低コスト化を実現することも可能である。

【００４０】

図１及び図２に戻って説明を続ける。第６筒状体１６０は、第３筒状体１３０の内側であり且つベースプレートＢＰの下方側となる位置に配置された筒状体である。第６筒状体１６０は、上方側の部分である上円筒部１６１と、下方側の部分である下円筒部１６２とを有している。上円筒部１６１の径は下円筒部１６２の径に比べて小さい。上円筒部１６１の下端と下円筒部１６２の上端とは、水平に配置されたドーナツ状の円板である中間部１６３で繋がれている。上円筒部１６１の上端はベースプレートＢＰの下面に当接している。下円筒部１６２の下端は底板１８４の上面に当接している。

【００４１】

下円筒部１６２の径は第３筒状体１３０の径よりも小さい。このため、第３筒状体１３０と第６筒状体１６０との間には全周に亘って隙間が形成されている。また、当該隙間には改質ユニット３０が配置されているが、改質ユニット３０と第６筒状体１６０の間にも全周に亘って隙間が形成されている。以下の説明においては、第６筒状体１６０の内側に形成された空間を「内側空間６０１」とも称する。また、第６筒状体１６０の下円筒部１６２と、改質ユニット３０の内側円筒３２０との間に形成された空間を、「外側空間６０２」とも称する。

【００４２】

下円筒部１６２のうち、改質ユニット３０の下端部よりも低い位置には、貫通孔である流出口１６５が複数形成されている。これら複数の流出口１６５は、同じ高さにおいて等間隔に並ぶよう形成されている。これら流出口１６５により、内側空間６０１と外側空間６０２とが連通されている。流出口１６５は、燃焼器２０における燃焼により生じた高温の燃焼排ガスが通る孔である。

【００４３】

燃焼器２０は、発電に供しなかった残余の燃料ガス（以下、「残余燃料」とも称する）及び発電に供しなかった残余の空気（以下、「残余空気」とも称する）を混合して燃焼させるためのバーナーである。燃焼器２０はステンレス鋼により形成されている。燃焼器２０は、全体が略円柱形状に形成されており、ベースプレートＢＰの下面のうち中央から下方に向けて突出するように配置されている。また、上面視において、燃焼器２０はケーシング１０の中央となる位置（上円筒部１６１の中心軸に沿った位置）に配置されている。

【００４４】

セルスタックＣＳから排出された残余燃料及び残余空気は、いずれもスタックアダプタＡＤ内に形成された流路及びベースプレートＢＰ内に形成された流路を通じて、燃焼器２０の上端部へと供給される。その後、残余燃料及び残余空気は、燃焼器２０内に形成された流路を通して燃焼器２０の下端部に到達し、下端部において混合されながら下方に向けて噴出される。燃焼器２０の下端部では、噴出された残余燃料及び残余空気が燃焼し、高温の燃焼排ガスが生じる。また、当該燃焼の熱により燃焼器２０自体も高温となる。

【００４５】

燃焼器２０の下方側には着火器ＩＧが配置されている。着火器ＩＧは、燃焼器２０から噴出された残余燃料及び残余空気の混合気体に着火させて、燃焼を開始させるための装置である。着火器ＩＧは、底板１８４及び断熱材ＴＩを上下に貫いており、火花放電が生じる上端部を燃焼器２０の下端に近接させた状態で配置されている。着火器ＩＧによる着火は、燃料電池装置ＦＣの起動時において行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

改質ユニット 3 0 の構成について説明する。改質ユニット 3 0 は、改質反応によって都市ガスから燃料ガス（水素含有ガス）を生成する改質器 3 0 2 と、水蒸気を発生させて改質器 3 0 2 に供給する蒸発器 3 0 1 とが一体となったものである。改質ユニット 3 0 は、その全体が略円筒形状となっており、ケーシング 1 0 の内部のうち第 3 筒状体 1 3 0 と第 6 筒状体 1 6 0 との間の空間に配置されている。改質ユニット 3 0 は、外側円筒 3 1 0 と、内側円筒 3 2 0 と、天板 3 3 0 と、第 1 底板 3 4 0 と、第 2 底板 3 5 0 と、第 1 仕切板 3 6 0 と、第 2 仕切板 3 7 0 とを有している。このうち、外側円筒 3 1 0、内側円筒 3 2 0、天板 3 3 0、第 1 底板 3 4 0、第 2 底板 3 5 0、及び第 1 仕切板 3 6 0 のうち第 1 底板 3 4 0 よりも下方側の部分は、改質ユニット 3 0 の外形を区画している。

10

【 0 0 4 7 】

外側円筒 3 1 0 は、改質ユニット 3 0 の外側面を形成する筒状体である。外側円筒 3 1 0 の中心軸は第 3 筒状体 1 3 0 の中心軸と一致している。外側円筒 3 1 0 の外径は第 3 筒状体 1 3 0 の内径に略等しい。外側円筒 3 1 0 は、その外側面の略全体が第 3 筒状体 1 3 0 の内側面に当接している。外側円筒 3 1 0 は、底板 1 8 3 よりも更に下方側まで延びている。

【 0 0 4 8 】

内側円筒 3 2 0 は、改質ユニット 3 0 の内側面を形成する筒状体である。内側円筒 3 2 0 の中心軸は第 3 筒状体 1 3 0 の中心軸と一致している。内側円筒 3 2 0 の外径は、外側円筒 3 1 0 の内径よりも小さい。このため、外側円筒 3 1 0 と内側円筒 3 2 0 と間には空間が形成されている。当該空間の一部が、水が水蒸気となって流れる空間となっている。また、当該空間の他の一部が、改質反応が生じて燃料ガスが生成される空間となっている。

20

【 0 0 4 9 】

内側円筒 3 2 0 の内径は、第 3 筒状体 1 3 0 の下円筒部 1 6 2 の外径よりも大きい。このため、既に説明したように、改質ユニット 3 0 と第 6 筒状体 1 6 0 との間には全周に亘って隙間が形成されている。内側円筒 3 2 0 の上端の高さは、外側円筒 3 1 0 の上端の高さと同一となっている。一方、内側円筒 3 2 0 の下端の高さは、外側円筒 3 1 0 の下端の高さよりも高くなっており、底板 1 8 3 の下端の高さと同一となっている。

【 0 0 5 0 】

天板 3 3 0 は、水平に配置されたドーナツ状の円板である。天板 3 3 0 の外側面は、外側円筒 3 1 0 の内側面のうち上端部に繋がっている。また、天板 3 3 0 の内側面は、内側円筒 3 2 0 の外側面のうち上端部に繋がっている。このように、天板 3 3 0 によって外側円筒 3 1 0 の上端と内側円筒 3 2 0 の上端とが繋がれている。

30

【 0 0 5 1 】

第 1 底板 3 4 0 は、水平に配置されたドーナツ状の円板である。第 1 底板 3 4 0 は底板 1 8 3 と同一の高さとなる位置に配置されている。第 1 底板 3 4 0 の外側面は、後述の第 1 仕切板 3 6 0 の内側面に繋がっている。また、第 1 底板 3 4 0 の内側面は、内側円筒 3 2 0 の内側面のうち下端部に繋がっている。

【 0 0 5 2 】

第 2 底板 3 5 0 は、水平に配置されたドーナツ状の円板である。第 2 底板 3 5 0 の外側面は、外側円筒 3 1 0 の内側面のうち下端部に繋がっている。また、第 2 底板 3 5 0 の内側面は、後述の第 1 仕切板 3 6 0 の外側面のうち下端部に繋がっている。このため、第 2 底板 3 5 0 は第 1 底板 3 4 0 よりも低い位置に配置されている。

40

【 0 0 5 3 】

第 1 仕切板 3 6 0 は、その一部が改質ユニット 3 0 の内部に配置された筒状体である。第 1 仕切板 3 6 0 の中心軸は、外側円筒 3 1 0 の中心軸及び内側円筒 3 2 0 の中心軸と一致している。第 1 仕切板 3 6 0 の外径は、外側円筒 3 1 0 の内径よりも小さい。このため、外側円筒 3 1 0 と第 1 仕切板 3 6 0 と間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。

50

【 0 0 5 4 】

第 1 仕切板 3 6 0 の上端の高さは、外側円筒 3 1 0 の上端の高さよりも低くなっている。このため、第 1 仕切板 3 6 0 の上端と天板 3 3 0 の下面との間には隙間が空いている。第 1 仕切板 3 6 0 の下端の高さは、外側円筒 3 1 0 の下端の高さと同一となっている。既に述べたように、第 1 仕切板 3 6 0 の下端部には外側から第 2 底板 3 5 0 が繋がっている。また、第 1 仕切板 3 6 0 には内側から第 1 底板 3 4 0 が繋がっている。

【 0 0 5 5 】

第 2 仕切板 3 7 0 は、その全体が改質ユニット 3 0 の内部に配置された筒状体である。第 2 仕切板 3 7 0 の中心軸は、外側円筒 3 1 0 の中心軸及び内側円筒 3 2 0 の中心軸と一致している。第 2 仕切板 3 7 0 の外径は、第 1 仕切板 3 6 0 の内径よりも小さい。このため、第 2 仕切板 3 7 0 と第 1 仕切板 3 6 0 と間には、全周に亘って一定の隙間が形成されている。また、第 2 仕切板 3 7 0 の内径は、内側円筒 3 2 0 の外径よりも大きい。このため、第 2 仕切板 3 7 0 と内側円筒 3 2 0 と間にも、全周に亘って一定の隙間が形成されている。

【 0 0 5 6 】

第 2 仕切板 3 7 0 は、その上端を天板 3 3 0 の底面に当接させた状態で、天板 3 3 0 に対して固定されている。第 2 仕切板 3 7 0 の下端の高さは、内側円筒 3 2 0 の下端の高さよりも高くなっている。このため、第 2 仕切板 3 7 0 の下端と第 1 底板 3 4 0 の上面との間には隙間が空いている。

【 0 0 5 7 】

以上のような構成により、改質ユニット 3 0 の内部には、外側円筒 3 1 0 と第 1 仕切板 3 6 0 と間に形成された空間である第 1 空間 3 8 1 と、第 1 仕切板 3 6 0 と第 2 仕切板 3 7 0 と間に形成された空間である第 2 空間 3 8 2 と、第 2 仕切板 3 7 0 と内側円筒 3 2 0 と間に形成された空間である第 3 空間 3 8 3 とが形成されている。第 1 仕切板 3 6 0 の上方において第 1 空間 3 8 1 と第 2 空間 3 8 2 とが繋がっており、第 2 仕切板 3 7 0 の下方において第 2 空間 3 8 2 と第 3 空間 3 8 3 とが繋がっている。

【 0 0 5 8 】

第 2 底板 3 5 0 には、水供給配管 3 9 1 の一端が下方から接続されている。水供給配管 3 9 1 は、第 1 空間 3 8 1 に水を供給するための配管である。水供給配管 3 9 1 の他端は、ケーシング 1 0 の外部に配置された水供給ポンプ（不図示）に接続されている。

【 0 0 5 9 】

水供給配管 3 9 1 から第 1 空間 3 8 1 内に供給された水は、排ガス流路 4 1 2 を通る高温の燃焼排ガスによって加熱されて水蒸気となる。水蒸気は、第 1 空間 3 8 1、第 2 空間 3 8 2 を順に通って、第 3 空間 3 8 3 の入口に到達する。このように、改質ユニット 3 0 のうち、第 1 空間 3 8 1、第 2 空間 3 8 2、及びこれらを区画する壁面は、外部から水の供給を受けて水蒸気を発生させる部分、すなわち蒸発器 3 0 1 に該当する部分となっている。

【 0 0 6 0 】

第 1 空間 3 8 1 には支持板 3 5 2 が配置されている。支持板 3 5 2 は、第 1 空間 3 8 1 を上下に仕切るように水平に配置されたドーナツ状の板である。支持板 3 5 2 は、第 1 底板 3 4 0 と同一の高さとなる位置において、外側円筒 3 1 0 及び第 1 仕切板 3 6 0 に対して固定されている。支持板 3 5 2 には複数の貫通孔が形成されており、支持板 3 5 2 を水が通過し得るようになっている。第 1 空間 3 8 1 のうち支持板 3 5 2 よりも上方側には、外側円筒 3 1 0 から水への伝熱を促進するための伝熱促進部材 C B が充填されている。伝熱促進部材 C B は複数のアルミナの球体（セラミックボール）である。

【 0 0 6 1 】

第 1 底板 3 4 0 には、都市ガス供給配管 3 9 2 の一端が下方から接続されている。都市ガス供給配管 3 9 2 は、第 3 空間 3 8 3 の入口部分に都市ガスを供給するための配管である。都市ガス供給配管 3 9 2 の他端は脱硫器 6 1（図 2 参照）に接続されている。

【 0 0 6 2 】

第3空間383には改質触媒RCが充填されている。改質触媒RCは、アルミナの球体表面にニッケル等の触媒金属を担持させたものである。第3空間383のうち、第2仕切板370の下端より僅かに高い位置には、水平に配置された金属網（不図示）が固定されており、当該金属網によって改質触媒RCが下方から支えられている。

【0063】

都市ガス供給配管392から改質ユニット30の内部に供給された都市ガスは、第3空間383の入口部分において水蒸気と混合された後、第3空間383を上方に向かって流れる。この時、都市ガスと水蒸気が改質触媒RCに触れることによって水蒸気改質反応が生じ、燃料ガス（水素含有ガス）が生成される。このように、改質ユニット30のうち、第3空間383及びこれを区画する壁面は、蒸発器301からの水蒸気の供給、及び外部から都市ガスの供給を受けて水蒸気改質反応が生じる部分、すなわち改質器302に該当する部分となっている。改質触媒RCは、第3空間383の周方向全体に亘って充填されている。このため、蒸発器301から供給された水蒸気が、改質触媒RCに触れることなく第3空間383を通過してしまうことはない。

【0064】

内側円筒320のうち上端部の近傍には、燃料ガス供給配管393の一端が接続されている。燃料ガス供給配管393は、改質ユニット30（改質器302）において生成された燃料ガスをセルスタックCSへ供給するための配管である。燃料ガス供給配管393の他端はベースプレートBPの下面に接続されている。燃料ガスは、第3空間383の上部から燃料ガス供給配管393を通過してベースプレートBPに到達する。その後、ベースプレートBP内に形成された流路及びスタックアダプタAD内に形成された流路を通過して、セルスタックCSに供給される。

【0065】

改質ユニット30は、耐熱性の材質からなる円筒型のシールブロックSBにより下方から支持されている。シールブロックSBは、その上端が改質ユニット30の下面（第1底板340）に当接しており、その下端が底板184の上面に当接している。シールブロックSBの内径は改質ユニット30の内径に等しい。また、シールブロックSBの径方向の寸法（厚さ）は、改質ユニット30の径方向の寸法（厚さ）よりも小さくなっている。このため、図1に示されるように、シールブロックSBの外側（改質ユニット30の下方側）には空間SPが形成されている。

【0066】

第6筒状体160の外側の空間と空間SPとは、改質ユニット30及びシールブロックSBによって分離されており、両者の間をガスが通過することができなくなっている。高温の燃焼排ガスが空間SP内に流入しないため、空間SP内の気温は比較的低温に保たれている。

【0067】

続いて、図2を主に参照しながら、燃料電池装置FCの動作中におけるガス（空気、都市ガス、燃料ガス、及び燃焼排ガス）の流れについて説明する。

【0068】

まず、セルスタックCSに供給される発電用の空気（酸化剤ガス）の流れについて説明する。空気は、ケーシング10の外部に配置されたブロア（不図示）から、空気導入管192を通じてケーシング10の内部に供給される。

【0069】

空気導入管192を通じて供給された空気は、空気流路401を上方に向かって流れる。その後、隙間402を経由して空気流路403に流入し、空気流路403を下方に向かって流れる。

【0070】

空気流路401と空気流路403との間には、排ガス流路411及び排ガス流路412が形成されている。これら排ガス流路411及び排ガス流路412の内部では、高温の燃焼排ガスが通っている。このため、ケーシング10内に導入された空気は、空気流路40

10

20

30

40

50

1 及び空気流路 4 0 3 を通る間に燃焼排ガスによって加熱され、その温度を上昇させる。つまり、空気と燃焼排ガスとの間で熱交換が行われる。

【 0 0 7 1 】

また、発電中においてセルスタック C S は高温となっており、セルスタック C S からの輻射熱によって第 1 筒状体 1 1 0 も高温となっている。このため、空気は、空気流路 4 0 3 を通る際において第 1 筒状体 1 1 0 に触れることにより更に加熱される。

【 0 0 7 2 】

このように、空気流路 4 0 1 及び空気流路 4 0 3 は、燃焼排ガスの熱及びセルスタック C S からの輻射熱によって空気が加熱されながら流れる流路となっている。このため、以下の説明においては、空気流路 4 0 1 と空気流路 4 0 3 とをまとめて「空気加熱流路 4 0 」とも表記する。同様に、排ガス流路 4 1 1 と排ガス流路 4 1 2 とをまとめて「ガス排出流路 4 1 」とも表記する。空気加熱流路 4 0 は、セルスタック C S を側方から取り囲むように配置されている。空気加熱流路 4 0 は、燃焼器 2 0 における燃焼により生じガス排出流路 4 1 を流れる燃焼排ガスと、セルスタック C S に供給される空気と、の間で熱交換を行う予熱器に該当するものということができる。

【 0 0 7 3 】

空気流路 4 0 3 の下部まで到達した空気は、第 1 筒状体 1 1 0 に形成された吹出口 1 1 1 からセルスタック C S に向けて噴出される。その後、空気はそれぞれの単セルの空気極に到達し、発電に供される。

【 0 0 7 4 】

セルスタック C S に供給される燃料ガスの流れ、及び燃料ガスの原料である都市ガスの流れについて説明する。都市ガスは、ケーシング 1 0 の外部から都市ガス供給配管 3 9 2 を通じて改質ユニット 3 0 内に供給される。都市ガスの供給源と都市ガス供給配管 3 9 2 との間には脱硫器 6 1 が配置されている。脱硫器 6 1 は、都市ガスに含まれる硫黄成分を除去するための装置である。都市ガスは、単セルの性能に悪影響を及ぼす硫黄成分が脱硫器 6 1 によって除去された後、改質ユニット 3 0 内に供給される。

【 0 0 7 5 】

都市ガス供給配管 3 9 2 から改質ユニット 3 0 の内部に供給された都市ガスは、第 3 空間 3 8 3 の入口部分において水蒸気と混合される。その後、改質触媒 R C が充填された第 3 空間 3 8 3 を上方に向かって流れる。

【 0 0 7 6 】

第 6 筒状体 1 6 0 の下円筒部 1 6 2 と、改質ユニット 3 0 の内側円筒 3 2 0 との間に形成された空間には、高温の燃焼排ガスが通っている。このため、都市ガス及び水蒸気は、第 3 空間 3 8 3 を通る間に燃焼排ガスによって加熱され、その温度を上昇させる。つまり、都市ガス及び水蒸気と燃焼排ガスとの間で熱交換が行われる。また、第 3 空間 3 8 3 に充填されている改質触媒 R C も、内側円筒 3 2 0 を通じた伝熱によって高温となっている。

【 0 0 7 7 】

燃焼器 2 0 を取り囲む第 6 筒状体 1 6 0 は、燃焼排ガスによって加熱されていることに加え、燃焼器 2 0 からの輻射熱によっても加熱されているため、非常に高温となっている。その結果、改質ユニット 3 0 の内側円筒 3 2 0 には、高温となった第 6 筒状体 1 6 0 からの輻射熱（燃焼器 2 0 から第 6 筒状体 1 6 0 を経由して到達した輻射熱ともいえる）が到達している。つまり、内側円筒 3 2 0 を含む改質器 3 0 2 は、燃焼排ガスによって加熱されるだけでなく、燃焼器 2 0 からの輻射熱によっても加熱されている。

【 0 0 7 8 】

このような状態において、都市ガスと水蒸気の混合ガスが改質触媒 R C に触れると、第 3 空間 3 8 3（改質器 3 0 2）では水蒸気改質反応が生じる。その結果、上記混合ガスから燃料ガスが生成される。尚、水蒸気改質反応は吸熱反応であるため、反応を安定して維持させるためには熱の供給が必要となる。本実施形態においては、内側円筒 3 2 0 を通じて加えられる燃焼排ガスからの熱、及び燃焼器 2 0 からの輻射熱の両方が、水蒸気改質反

10

20

30

40

50

応を維持するための熱として用いられる。

【 0 0 7 9 】

改質器 3 0 2 において生成された燃料ガスは、燃料ガス供給配管 3 9 3 及びスタックアダプタ A D 内の流路を通してセルスタック C S に供給される。燃料ガスは、それぞれの単セルの燃料極に到達し、発電に供される。

【 0 0 8 0 】

燃焼排ガスの流れについて説明する。既に説明したように、セルスタック C S から排出された残余燃料及び残余空気は燃焼器 2 0 に供給され、燃焼器 2 0 の下端部において燃焼する。当該燃焼の結果、第 6 筒状体 1 6 0 の内部（内側空間 6 0 1 ）では高温の燃焼排ガスが生じる。燃焼排ガスは、流出口 1 6 5 を通って第 6 筒状体 1 6 0 の外側（外側空間 6 0 2 ）へ流出する。

10

【 0 0 8 1 】

その後、燃焼排ガスは、内側円筒 3 2 0 に沿って外側空間 6 0 2 を上方に向かって流れる。このとき、既に述べたように、燃焼排ガスの熱は内側円筒 3 2 0 を通じて第 3 空間 3 8 3 に伝達され、水蒸気改質反応を維持するための熱の一部として用いられる。

【 0 0 8 2 】

外側空間 6 0 2 を通過した燃焼排ガスは、空気流路 4 0 3 を流れる空気との間で熱交換しながら、排ガス流路 4 1 1 を上方に向かって流れる。続いて、空気流路 4 0 1 を流れる空気との間で熱交換しながら、排ガス流路 4 1 2 を下方に向かって流れ排ガス流路 4 1 3 に流入する。

20

【 0 0 8 3 】

改質ユニット 3 0 の外側円筒 3 1 0 は、支持板 3 5 2 よりも上方側の部分において第 3 筒状体 1 3 0 の内側面に当接している。このため、排ガス流路 4 1 3 を通る燃焼排ガスによって外側円筒 3 1 0 は高温となっている。

【 0 0 8 4 】

水供給配管 3 9 1 から第 1 空間 3 8 1 内に供給された水は、外側円筒 3 1 0 からの伝熱（燃焼排ガスの熱）により加熱されて水蒸気となる。つまり、水と燃焼排ガスとの間で熱交換が行われ、これにより第 1 空間 3 8 1 内で水蒸気が生成される。

【 0 0 8 5 】

排ガス流路 4 1 2 を通り排ガス流路 4 1 3 の下端部まで到達した燃焼排ガスは、ガス排出管 1 9 1 を通って排熱回収器 6 2 に供給される。排熱回収器 6 2 は、燃焼排ガスと水と熱交換させることにより湯を生成するものである。このように、燃料電池装置 F C は発電を行うことに加えて湯を生成することも可能となっており、高い効率でエネルギーを利用するコジェネレーションシステムとなっている。

30

【 0 0 8 6 】

続いて、水及び水蒸気の流れについて説明する。改質ユニット 3 0（蒸発器 3 0 1）には、ケーシング 1 0 の外部に配置された水供給ポンプ（不図示）から水供給配管 3 9 1 を通じて水が供給される。水供給配管 3 9 1 は第 2 底板 3 5 0 に対して下方から接続されている。このため、供給された水は、まず第 1 空間 3 8 1 の下部に形成された空間に溜まることとなる。具体的には、第 1 空間 3 8 1 のうち支持板 3 5 2 よりも下方側の空間である貯水部 W S に溜まることとなる。

40

【 0 0 8 7 】

貯水部 W S は、外側円筒 3 1 0 のうち底板 1 8 3 よりも下方側の部分（以下、当該部分を「区画壁 3 1 1」とも表記する）と、第 2 底板 3 5 0 と、第 1 仕切板 3 6 0 のうち第 1 底板 3 4 0 よりも下方側の部分（以下、当該部分を「区画壁 3 6 1」とも表記する）とによって区画された空間となっている。

【 0 0 8 8 】

貯水部 W S を区画する区画壁 3 1 1、第 2 底板 3 5 0、及び区画壁 3 6 1 は、改質ユニット 3 0 の底面の一部を下方に向けて延ばしたような形状となっている。これらは、いずれも空間 S P 内に配置されている。つまり、高温の燃焼排ガスが到達せず、比較的低温と

50

なっている空間内に配置されている。

【 0 0 8 9 】

また、排ガス流路 4 1 2 を通る燃焼排ガスによって外側円筒 3 1 0 は加熱されるのであるが、区画壁 3 1 1 は底板 1 8 3 よりも下方側に配置されているため、燃焼排ガスによって直接は加熱されない。このため、貯水部 W S 内において水が沸騰することはなく、貯水部 W S 内は全体が水（液体）で満たされている。

【 0 0 9 0 】

水供給ポンプから水が供給されることにより、第 1 空間 3 8 1 内の水面の高さは、支持板 3 5 2 の上面よりも僅かに高い位置に維持される。このため、支持板 3 5 2 の上方側に充填された伝熱促進部材 C B（アルミナの球体）は、一部が水没した状態となっている。

10

【 0 0 9 1 】

第 1 空間 3 8 1 内においては、燃焼排ガスによって高温となった外側円筒 3 1 0 からの伝熱により、伝熱促進部材 C B も高温となっている。支持板 3 5 2 よりも上方側に存在する水は、高温の伝熱促進部材 C B に触れることにより沸騰し、水蒸気となる。

【 0 0 9 2 】

このように、第 1 空間 3 8 1 内において水は水蒸気となり、上方側に向かって流れる。その後、水蒸気は第 2 空間 3 8 2 を下方に向かって流れて、第 3 空間 3 8 3（改質器 3 0 2）に供給される。

【 0 0 9 3 】

上述した第 1 実施形態では、空気加熱流路 4 0 を折り返すことで熱戻し部を構成している。図 5 を参照しながら説明する。空気加熱流路 4 0 は、空気流路 4 0 1 と、空気流路 4 0 3 とを有している。空気流路 4 0 1 の下端（一端側）には流入口 4 0 1 a が設けられている。空気流路 4 0 1 の上端は空気流路 4 0 3 の上端に繋がっている。空気流路 4 0 3 の下端（他端側）には流出口 4 0 3 b が設けられている。

20

【 0 0 9 4 】

流入口 4 0 1 a から流入した空気は、空気流路 4 0 1 から空気流路 4 0 3 に流れる間にガス排出流路 4 1 及びセルスタック C S から受熱し、その温度が上昇する。空気流路 4 0 1、4 0 3 を流れた空気は流出口 4 0 3 b 近傍で最も温度が高くなる。流出口 4 0 3 b と流入口 4 0 1 a とが近接配置されているので、流出口 4 0 3 b 近傍における高温の空気から流入口 4 0 1 a 近傍における低温の空気へ熱移動 H F が発生する。従って、空気加熱流路 4 0 の他端側における空気の熱を、一端側における空気に戻す熱戻し部 5 0 が形成されている。

30

【 0 0 9 5 】

上述した第 1 実施形態では、伝熱面積拡大部 4 2 0 を設けることで、空気流路 4 0 1 を通る間の空気の温度上昇量が、空気流路 4 0 3 を通る間の空気の温度上昇量よりも大きくなるように構成している。空気流路 4 0 1 を通る間の空気の温度上昇量を、空気流路 4 0 3 を通る間の空気の温度上昇量よりも大きくする手段はこれに限られるものではなく、続いて説明する第 2 実施形態のような態様も取りうるものである。

【 0 0 9 6 】

図 5 は、本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池装置 F C B を示す図である。燃料電池装置 F C B では、空気流路 4 0 1 B 及び空気流路 4 0 3 B を有する空気加熱流路 4 0 B、並びに排ガス流路 4 1 1 B 及び排ガス流路 4 1 2 B を含むガス排出流路 4 1 B の態様のみが燃料電池装置 F C と異なっている。

40

【 0 0 9 7 】

空気流路 4 0 1 B の流路幅は空気流路 4 0 3 B の流路幅よりも狭くなるように構成されている。従って、空気流路 4 0 3 B を流れる間よりも空気流路 4 0 1 B を流れる間にガス排出流路 4 1 からより多くの熱を受け取ることになる。そのため、空気流路 4 0 1 B を流れる空気の温度上昇量は、空気流路 4 0 3 B を流れる空気の温度上昇量よりも大きくなる。

【 0 0 9 8 】

50

更に本実施形態では、排ガス流路411Bの流路幅よりも排ガス流路412Bの流路幅が狭くなるように構成されている。このように構成することで、排ガス流路412Bと空気流路401Bとの間の熱交換が促進され、空気流路401Bを流れる空気の温度上昇量は、空気流路403Bを流れる空気の温度上昇量よりも大きくなる。

【0099】

セルスタックCSは、特に上部の温度が中部及び下部の温度に比較して低くなりがちであるところ、効率良く加熱された空気が空気流路401Bから隙間402を通過して上方から空気流路403Bに入り込むので、セルスタックCSの上部に対して効率的に熱を与えることができる。本実施形態の場合は、天板181と天板185との間に隙間が設けられており、空気流路401Bを流れて加熱された空気がその隙間にも入り込むので、セルスタックCSの上部に対して効率的に熱を与えることができる。

10

【0100】

上述した第2実施形態では、空気加熱流路40Bを折り返すことで熱戻し部を構成している。図7を参照しながら説明する。空気加熱流路40Bは、空気流路401Bと、空気流路403Bとを有している。空気流路401Bの下端（一端側）には流入口401Baが設けられている。空気流路401Bの上端は空気流路403Bの上端に繋がっている。空気流路403Bの下端（他端側）には流出口403Bbが設けられている。

【0101】

流入口401Baから流入した空気は空気流路401Bから空気流路403Bに流れる間に、ガス排出流路41B及びセルスタックCSから受熱し、その温度が上昇する。空気流路401B、403Bを流れた空気は流出口403Bb近傍で最も温度が高くなる。流出口403Bbと流入口401Baとが近接配置されているので、流出口403Bb近傍における高温の空気から流入口401Ba近傍における低温の空気へ熱移動HFが発生する。従って、空気加熱流路40Bの他端側における空気の熱を一端側における空気に戻す熱戻し部50Bが形成されている。

20

【0102】

空気加熱流路40、40Bの他端側近傍における高温の空気から一端側近傍における低温の空気への熱移動HFに着目した場合、第1実施形態における伝熱面積拡大部420や、第2実施形態における流路幅の工夫は必ずしも必須のものではない。図8に、第3実施形態に係る流路構成を示す。

30

【0103】

図8に示される燃料電池装置FCDでは、空気加熱流路40Dは、空気流路401D及び空気流路403Dによって構成されている。ガス排出流路41Dは、排ガス流路411D及び排ガス流路412Dによって構成されている。空気流路401Dと空気流路403Dとは同じ幅の流路である。排ガス流路411Dと排ガス流路412Dとは同じ幅の流路である。

【0104】

空気流路401Dの下端（一端側）には流入口401Daが設けられている。空気流路401Dの上端は空気流路403Dの上端に繋がっている。空気流路403Dの下端（他端側）には流出口403Dbが設けられている。

40

【0105】

流入口401Daから流入した空気は空気流路401Dから空気流路403Dに流れる間に、ガス排出流路41D及びセルスタックCSから受熱し、その温度が上昇する。空気流路401D、403Dを流れた空気は流出口403Db近傍で最も温度が高くなる。流出口403Dbと流入口401Daとが近接配置されているので、流出口403Db近傍における高温の空気から流入口401Da近傍における低温の空気へ熱移動HFが発生する。従って、空気加熱流路40Dの他端側における空気の熱を一端側における空気に戻す熱戻し部50Dが形成されている。

【0106】

空気加熱流路40、40B、40Dの他端側近傍における高温の空気から一端側近傍に

50

おける低温の空気への熱移動HFに着目した場合、第1実施形態から第3実施形態における空気加熱流路40, 40B, 40Dの折り返し態様以外にも熱移動HFを実現する手段を提供することができる。図9に、第4実施形態に係る流路構成を示す。

【0107】

図9に示される燃料電池装置FCEでは、空気加熱流路40Eもガス排出流路41Eも折り返し構造を有しておらず、共に真っ直ぐな管路として構成されている。空気加熱流路40Eの上端（一端側）には流入口40Eaが設けられている。空気加熱流路40Eの下端（他端側）には流出口40Ebが設けられている。流入口40Eaから流入した空気は、空気加熱流路40Eを流れる間に、ガス排出流路41D及びセルスタックCSから受熱し、その温度が上昇する。空気加熱流路40Eを流れた空気は流出口40Eb近傍で最も温度が高くなる。第4実施形態では、空気加熱流路40Eの他端側における空気の熱を空気加熱流路40Eの一端側における空気に戻す熱戻し部50Eを設けている。従って、流出口40Eb近傍における高温の空気から流入口40Ea近傍における低温の空気へ熱移動HFが発生する。

【0108】

図10に、熱戻し部50Eの具体的な一例を示す。図10に示される熱戻し部50E1は、ポンプ50E1aと、熱戻し管50E1bと、を有する。熱戻し管50E1bは、空気加熱流路40Eの上端側（一端側）と下端側（他端側）とを繋いでいる。ポンプ50E1aは、熱戻し管50E1bの途上に設けられている。ポンプ50E1aを駆動すると、空気加熱流路40Eの下端側（他端側）における高温の空気を上端側（一端側）に送り込むことができる。従って、流出口40Eb近傍における高温の空気から流入口40Ea近傍における低温の空気へ熱移動HFが発生する。

【0109】

図11に、熱戻し部50Eの具体的な一例を示す。図11に示される熱戻し部50E2は、ヒートパイプで構成されている。熱戻し部50E2の内部には作動液が封入されている。熱戻し部50E2は、空気加熱流路40Eの上端側（一端側）から下端側（他端側）に渡って設けられている。熱戻し部50E2の下端側（他端側）は高温空気によって温度が上昇する。熱戻し部50E2の下端側（他端側）の温度が上昇すると、内部に封入された作動液の温度も上昇し、上端側（一端側）に対流する。ヒートパイプによって熱戻し部50E2を構成すると、動力源を用いることなく空気加熱流路40Eの下端側（他端側）における熱を上端側（一端側）に移動させることができる。

【0110】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの具体例に限定されるものではない。すなわち、これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、前述した各具体例が備える各要素およびその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

【符号の説明】

【0111】

CS：セルスタック

302：改質器

40, 40B：空気加熱流路（加熱流路）

401, 401B：空気流路（第1流路部分）

403, 403B：空気流路（第2流路部分）

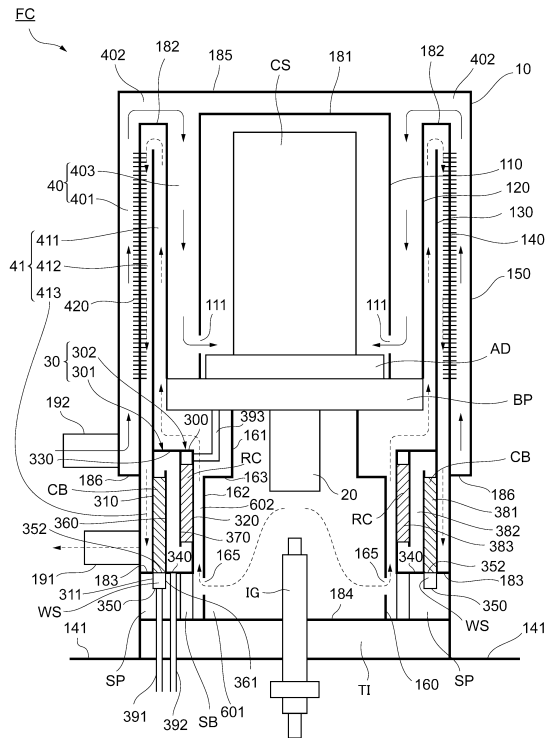
41, 41B：ガス排出流路（排出流路）

411, 411B：排ガス流路（第3流路部分）

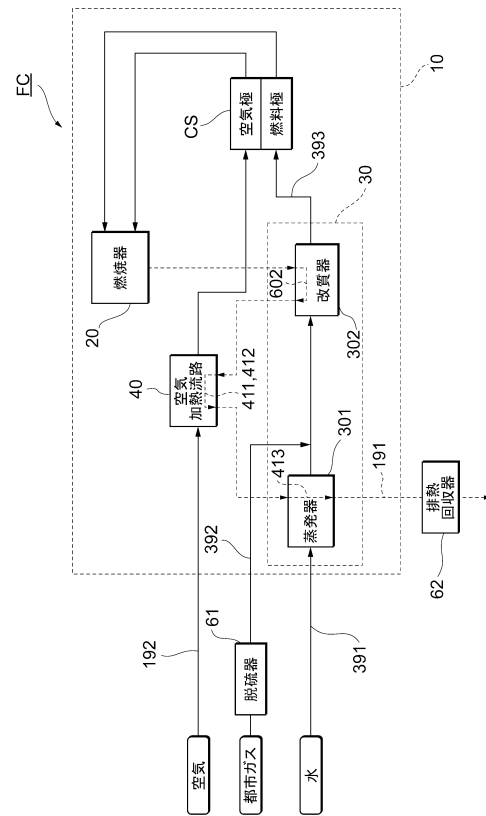
412, 412B：排ガス流路（第4流路部分）

420：伝熱面積拡大部

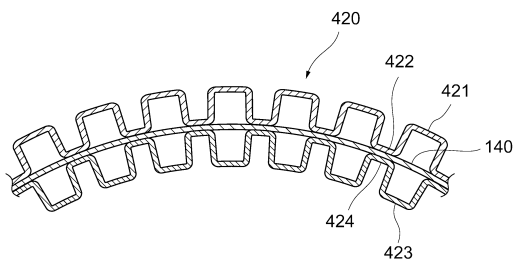
【図 1】



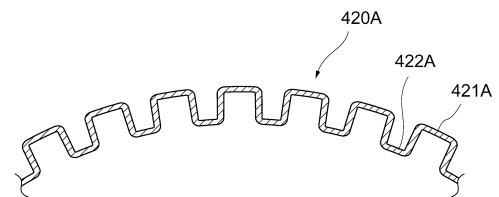
【図 2】



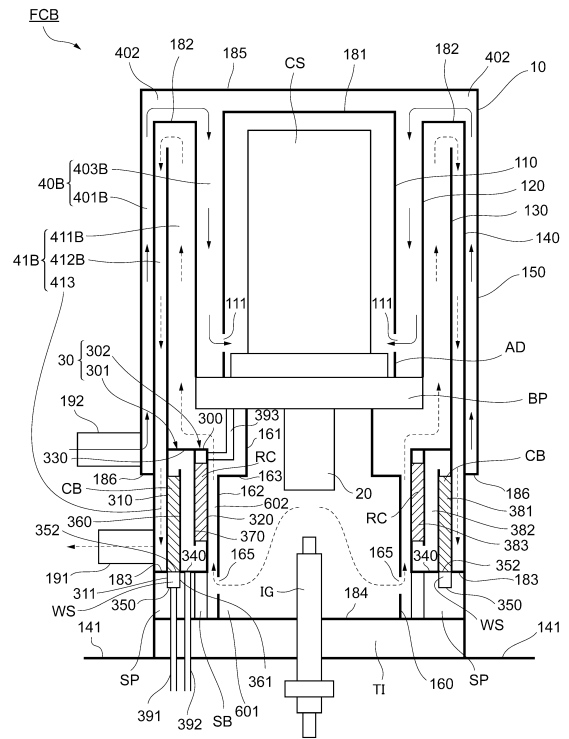
【図 3】



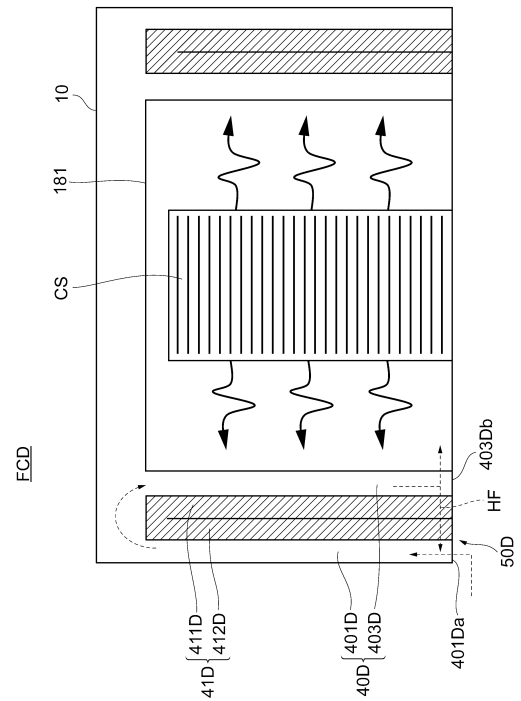
【図 4】



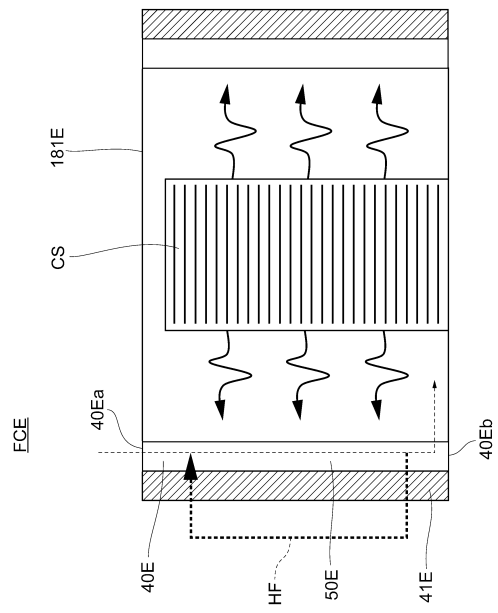
【 図 6 】



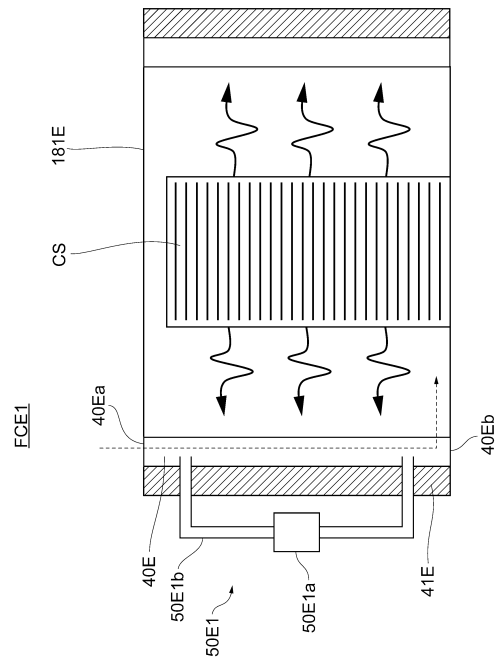
【 図 8 】



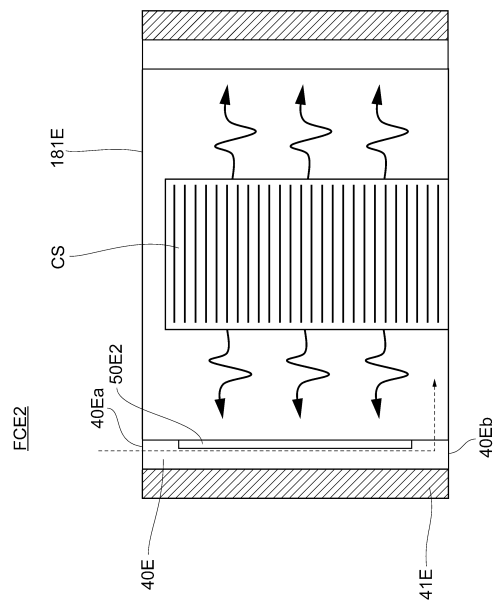
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 8/04 Z
H 0 1 M 8/24

(72)発明者 杉原 真一
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 久保田 創

(56)参考文献 国際公開第2009/119616(WO,A1)
特開2014-086180(JP,A)
特開2007-287424(JP,A)
特開2013-114853(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0123808(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H 0 1 M 8 / 0 0 - 8 / 2 4 9 5