

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-247084  
(P2004-247084A)

(43) 公開日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04	HO 1 M 8/04	5HO 2 7
HO 1 M 8/00	HO 1 M 8/04	
	HO 1 M 8/04	
	HO 1 M 8/00	

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-33363 (P2003-33363)  
(22) 出願日 平成15年2月12日 (2003.2.12)

(71) 出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
(74) 代理人 100057874  
弁理士 曾我 道照  
(74) 代理人 100110423  
弁理士 曾我 道治  
(74) 代理人 100084010  
弁理士 古川 秀利  
(74) 代理人 100094695  
弁理士 鈴木 憲七  
(74) 代理人 100111648  
弁理士 梶並 順

最終頁に続く

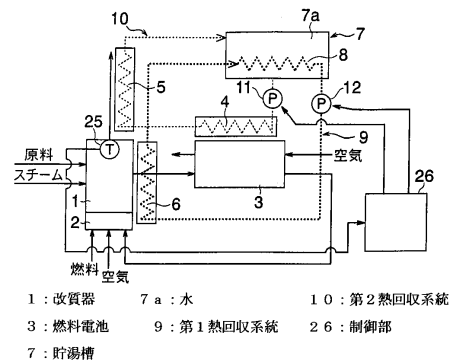
(54) 【発明の名称】 燃料電池発電システム

(57) 【要約】

【課題】この発明は、システム停止後の改質器の熱を回収し、総合熱効率を高める燃料電池発電システムを得る。

【解決手段】燃料電池3からの廃熱および改質器1の排ガスからの廃熱を熱回収する第2熱回収系統10と、第2熱回収系統10で熱回収された熱を温水として蓄熱する貯湯槽7と、改質器1の本体の熱を熱回収する第2熱回収回路2とを備えている。そして、制御部26が、システムの運転中では、第2熱回収系統10に水7aを循環させて燃料電池3からの廃熱および改質器1の排ガスからの廃熱を熱回収させ、システムの停止後では、第1熱回収系統9に熱媒体を循環させて改質器1の本体の熱を熱回収させるように構成されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

炭化水素系燃料又はアルコール類から水素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、上記改質ガス中の水素と別途供給された酸素との化学反応によって電気を出力する燃料電池と、上記改質器に設置された熱交換器により熱を回収する第 1 熱回収システムと、システムの停止後に、上記第 1 熱回収システムに熱媒体を循環させて上記改質器を冷却しながら熱を回収させる制御部とを備えたことを特徴とする燃料電池発電システム。

## 【請求項 2】

貯湯槽を備え、上記第 1 熱回収システムを循環する上記熱媒体が上記貯湯槽内の水と熱交換して熱回収されることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

10

## 【請求項 3】

貯湯槽を備え、上記第 1 熱回収システムを循環する上記熱媒体が上記貯湯槽内の水であることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 4】

上記第 1 熱回収システムは、システムの運転中、上記熱媒体が上記熱交換器から排出されるように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 5】

上記第 1 熱回収システムは、それぞれ上記熱媒体が独立して循環され、上記改質器の異なる部位から熱回収する複数の熱回収システムを備えていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

20

## 【請求項 6】

上記燃料電池および上記改質器の排ガスの少なくとも一方から熱回収する第 2 熱回収システムを備え、上記第 1 および第 2 熱回収システムが 1 つの循環手段により運転されるように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 7】

上記制御部は、上記改質器の温度をモニターし、該改質器の温度が設定温度に下がるまで上記熱媒体を上記第 1 熱回収システムに循環させて熱を回収させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 8】

上記設定温度は、システムの運転パターンに応じて変更可能であることを特徴とする請求項 7 記載の燃料電池発電システム。

30

## 【請求項 9】

上記制御部は、システムの停止後、所定時間の間、上記熱媒体を上記第 1 熱回収システムに循環させて熱を回収させるように構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 10】

上記制御部は、上記貯湯槽内の水の温度をモニターし、該水の温度が設定温度に上がるまで上記熱媒体を上記第 1 熱回収システムに循環させて熱を回収させるように構成されていることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 記載の燃料電池発電システム。

40

## 【請求項 11】

上記熱交換器が、上記改質器の温度上昇が制約される部位に配設され、上記制御部が、上記改質器の温度上昇が制約される部位の温度をモニターし、システムの停止後に上記熱交換器に上記熱媒体を供給して上記改質器の温度上昇が制約される部位の熱を回収し、上記改質器の温度上昇が制約される部位の温度を設定温度以下となるように制御することを特徴とする請求項 1 記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 12】

上記改質器は、改質反応部と CO 低減部とを一体化して構成され、上記改質器の温度上昇が制約される部位が、該 CO 低減部のシフト反応部であることを特徴とする請求項 11 記載の燃料電池発電システム。

50

## 【請求項 13】

上記制御部は、システムの起動時に、上記熱媒体を上記熱交換器に供給して、上記貯湯槽の熱を上記改質器に供給するように構成されていることを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 記載の燃料電池発電システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、燃料電池発電システムに関し、特に、改質器の冷却機構を備えた燃料電池発電システムに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来の燃料電池発電システムは、システム運転中において、燃料電池からの廃熱や改質器から排出されるガスから廃熱を回収し、熱回収された廃熱を蓄熱タンクに蓄熱し、この蓄熱を利用して給湯や暖房を行うように構成されていた（例えば、特許文献 1 参照）。

## 【0003】

## 【特許文献 1】

特開平 11 - 97044 号公報（図 1）

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

この従来の燃料電池発電システムでは、運転中のシステム廃熱のみを回収・利用しているため、システム停止後の改質器の熱が放熱されてしまい、起動停止を含めた総合熱効率が低下するという課題があった。

## 【0005】

この発明は、上記の課題を解消するためになされたもので、システム停止後の改質器の熱を回収し、総合熱効率を高めた燃料電池発電システムを提供するものである。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

この発明に係る燃料電池発電システムは、炭化水素系燃料又はアルコール類から水素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、上記改質ガス中の水素と別途供給された酸素との化学反応によって電気を出力する燃料電池と、上記改質器に設置された熱交換器により熱を回収する第 1 熱回収系統と、システムの停止後に、上記第 1 熱回収系統に熱媒体を循環させて上記改質器を冷却しながら熱を回収させる制御部とを備えたものである。

## 【0007】

## 【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態を図について説明する。

実施の形態 1 .

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

## 【0008】

図 1 において、改質器 1 は、原燃料とスチームとから水蒸気改質反応によって水素リッチな改質ガスを生成するように構成されている。そして、この水蒸気改質反応には高温での触媒反応が必要となるため、燃焼器 2 で燃料を燃焼させ、改質器 1 を加熱するようになっている。ここで、原燃料としては、炭化水素系の気体、液体や固体、またメタノール系のアルコール燃料が用いられる。

燃料電池 3 は、改質ガスが改質器 1 から燃料極に供給され、空気が空気極に供給されて、電力を発生するように構成されている。そして、燃料極に供給された改質ガスの排ガスが燃焼器 2 に供給され、燃焼器 2 で燃焼されて、改質器 1 を加熱するようになっている。

## 【0009】

第 1 熱交換器 4 は、燃料電池 3 に配設され、燃料電池 3 の廃熱を回収するためのものであり、例えば燃料電池 3 を構成する冷却板等により構成されている。第 2 熱交換器 5 は、改

10

20

30

40

50

質器 1 の排ガス配管に配設され、改質器 1 の排ガスから廃熱を回収するためのものであり、例えば改質器 1 の排ガス配管に巻き付けられたパイプ等により構成されている。第 3 熱交換器 6 は、改質器 1 の本体に配設され、改質器 1 の熱を回収するためのものであり、例えば改質器 1 の本体に巻き付けられたパイプ等により構成されている。

貯湯槽 7 は、水 7 a を充填して構成され、改質器 1 および燃料電池 3 から回収された熱をお湯として蓄熱するものである。また、第 4 熱交換器 8 が貯湯槽 7 内に配設されている。

#### 【 0 0 1 0 】

第 1 熱回収系統 9 は、第 3 熱交換器 6 および第 4 熱交換器 8 を配管により連結して閉回路に構成されている。そして、第 2 循環ポンプ 1 2 が、第 1 熱回収系統 9 の回路中に配設され、熱媒体を第 1 熱回収系統 9 内に循環させるようになっている。ここで、熱媒体には、  
10 例えばエチレングリコールやプロピレングリコール等が用いられる。

第 2 熱回収系統 1 0 は、貯湯槽 7、第 1 熱交換器 4 および第 2 熱交換器 5 を配管により連結して閉回路に構成されている。そして、第 1 循環ポンプ 1 1 が、第 2 熱回収系統 1 0 の回路中に配設され、水 7 a を第 2 熱回収系統 1 0 内に循環させるようになっている。

制御部 2 6 は、システムの運転状態をモニターし、かつ、改質器 1 の温度を温度計 2 5 を介してモニターし、システムが運転中の時にのみ、第 1 循環ポンプ 1 1 を駆動するとともに、システムの停止後、改質器 1 の温度が所定温度 ( T 1 ) 以下となるまで第 2 循環ポンプ 1 2 を駆動するように構成されている。

#### 【 0 0 1 1 】

つぎに、このように構成された燃料電池発電システムの動作について説明する。  
20

まず、燃料及び空気が燃焼器 2 に供給・燃焼される。これにより、改質器 1 が触媒反応に必要な温度まで加熱される。そこで、炭化水素およびスチームが改質器 1 に供給され、炭化水素が水素リッチな改質ガスに改質される。

ついで、改質ガスが燃料電池 3 の燃料極に供給され、空気が燃料電池 3 の空気極に供給されて、電力が発生される。そして、燃料極に供給された改質ガスの排ガスが燃焼器 2 に供給され、燃焼器 2 で燃焼されて、改質器 1 の加熱に供せられる。

#### 【 0 0 1 2 】

そして、制御部 2 6 が、システムの運転を認識すると、第 1 循環ポンプ 1 1 を駆動し、水 7 a を第 2 熱回収系統 1 0 内に循環させる。そこで、水 7 a は第 1 熱交換器 4 で燃料電池 3 と熱交換されて暖められ、さらに第 2 熱交換器 5 で改質器 1 の排ガスと熱交換して暖め  
30 られた後、貯湯槽 7 に戻される。これにより、燃料電池 3 および改質器 1 の廃熱が熱回収され、貯湯槽 7 内の水 7 a を温水とすることで蓄熱される。

また、制御部 2 6 が、システムの停止を認識すると、第 1 循環ポンプ 1 1 の駆動を停止し、第 2 循環ポンプ 1 2 を駆動して、熱媒体を第 1 熱回収系統 9 内に循環させる。そこで、熱媒体は第 3 熱交換器 6 で改質器 1 と熱交換されて暖められた後、貯湯槽 7 に戻され、第 4 熱交換器 8 で水 7 a と熱交換して冷やされる。これにより、改質器 1 の本体の熱が熱回収され、貯湯槽 7 内の水 7 a を温水とすることで蓄熱される。この時、制御部 2 6 は、温度計 2 5 を介して改質器 1 の温度をモニターし、改質器 1 の温度が所定温度 ( T 1 ) に下がるまで第 2 循環ポンプ 1 2 を駆動する。

そして、この貯湯槽 7 に蓄熱されている温水は、給湯や暖房に供せられる。  
40

#### 【 0 0 1 3 】

さらに、システムの起動時には、制御部 2 6 は、第 2 循環ポンプ 1 2 を逆方向駆動して、熱媒体を第 1 熱回収系統 9 内に逆向きに循環させる。第 4 熱交換器 8 は貯湯槽 7 の高温部 ( 上方 ) から低温部 ( 下方 ) まで付設されており、改質器 1 からの熱回収時には、熱媒体が貯湯槽 7 に高温部から入り低温部から出るが、これが逆向きとなることにより、高温の熱媒体を貯湯槽 7 から取り出すことが可能となる。これにより、貯湯槽 7 に蓄熱されている熱が熱媒体を介して改質器 1 の本体に供給され、改質器 1 の温度を上昇させることができる。そこで、改質器 1 の起動時間を短縮することができ、起動が速やかに行われるようになる。なお、システムの停止とは発電の停止を意味し、改質器の停止とほぼ同じである。また、システムの起動とは改質器の起動とほぼ同じである。  
50

## 【0014】

このように、この実施の形態1では、システム停止後に、改質器1の本体の熱を回収するようにしているので、従来無駄に放熱されていた改質器1の本体の熱を有効に利用でき、総合効率が高くなる。

また、システム運転中に、燃料電池3からの廃熱および改質器1から排出される排ガスから廃熱を回収し、システム停止後に、改質器1の本体の熱を回収するようにしているので、総合熱効率の高い燃料電池発電システムが実現される。

また、システムの起動時に、貯湯槽7に蓄熱されている熱を改質器1の本体に供給するようにしているので、システムの起動が速やかに行われる。

## 【0015】

ここで、1kW級のシステムの場合、起動時にシステムに投入する都市ガスの熱量は約1.3kWであり、毎日起動・停止を繰り返して8時間の定格動作(廃熱回収を1.3kWと仮定)をする運用を想定すると、この燃料電池発電システムを採用することにより、廃熱回収熱量は10.4kWから11.7kWに増加することになる。その結果、廃熱海流効率を13%高く運用できることになる。

## 【0016】

なお、上記実施の形態1では、制御部26は、改質器1の本体の温度が所定温度( $T_1$ )まで下がるまで第2循環ポンプ12を駆動するように制御するものとしているが、所定温度( $T_1$ )は燃料電池発電システムの運転パターンによって変更可能となっている。つまり、システムが停止してから数日経過後に再起動されるような場合には、改質器1の本体の熱を十分に熱回収できるように、所定温度( $T_1$ )を低く設定することになる。一方、システムが停止して直ぐに再起動されるような場合には、所定温度( $T_1$ )を高く設定することになる。これにより、熱回収が抑えられ、改質器1の本体の温度が高く維持され、改質器1の再起動が速やかに行われることになる。

## 【0017】

また、上記実施の形態1では、改質器1の本体の温度が所定温度( $T_1$ )まで下がるまで駆動するように第2循環ポンプ12を制御するものとしているが、貯湯槽7内の水7aの温度が所定温度( $T_2$ )まで上昇するまで駆動するように第2循環ポンプ12を制御してもよい。この場合、貯湯槽7内に温度計を配設し、制御部26がこの温度計を介して貯湯槽7内の水7aの温度をモニターするようにすればよい。この時、温度計を貯湯槽7内に複数配設すれば、貯湯槽7内の温度分布を考慮した熱回収を行うことができる。また、所定温度( $T_2$ )は燃料電池発電システムの運転パターンによって変更可能としてもよい。

## 【0018】

また、上記実施の形態1では、改質器1の本体の温度が所定温度( $T_1$ )まで下がるまで駆動するように第2循環ポンプ12を制御するものとしているが、システム停止後から所定時間( $t_1$ )の間駆動するように第2循環ポンプ12を制御してもよい。この場合、第2循環ポンプ12の制御が容易となる。また、所定時間( $t_1$ )は燃料電池発電システムの運転パターンによって変更可能としてもよい。

## 【0019】

また、上記実施の形態1では、第4熱交換器8が貯湯槽7内に設置されるものとしているが、第4熱交換器8は必ずしも貯湯槽7内に設置される必要はなく、例えば暖房機内に設置されてもよい。

また、上記実施の形態1では、第2熱回収系統10は燃料電池3および改質器1の排ガスから熱を回収するものとしているが、第2熱回収系統10は燃料電池3および改質器1の排ガスの一方から熱を回収するように構成してもよい。

## 【0020】

実施の形態2

図2はこの発明の実施の形態2に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

図2において、第1および第2三方弁13、14が第1熱回収系統9Aの経路中に配設さ

10

20

30

40

50

れている。そして、熱媒体タンク 15 が第 1 および第 2 三方弁 13、14 に配管を介して連結されている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

#### 【0021】

この実施の形態 2 では、制御部 26 は、システムの起動・運転を認識すると、第 1 三方弁 13 の第 3 熱交換器 6 側と熱媒体タンク 15 側とを開弁するように制御し、かつ、第 2 三方弁 14 の第 4 熱交換器 8 側と熱媒体タンク 15 側とを開弁するように制御する。これにより、熱媒体 15a は第 1 熱回収系統 9A から熱媒体タンク 15 内に流れ込み、第 1 熱回収系統 9A 内は空になる。

また、制御部 26 は、システムの停止を認識すると、第 2 循環ポンプ 12 を駆動する。これにより、熱媒体タンク 15 内に貯液されている熱媒体 15a が第 1 熱回収系統 9A 内に導入される。そして、制御部 26 は、第 2 循環ポンプ 12 の駆動後、所定時間経過した後、第 1 三方弁 13 および第 2 三方弁 14 の熱媒体タンク 15b 側を閉弁するように制御する。これにより、熱媒体 15a が、第 1 熱回収系統 9A 内に充満され、第 1 熱回収系統 9A 内を循環され、改質器 1 の本体の熱を回収する。そして、改質器 1 の温度が所定温度 (T1) まで下がると、第 2 循環ポンプ 12 の駆動が停止される。

なお、第 2 熱回収系統 10 は、上記実施の形態 1 と同様に動作する。

#### 【0022】

従って、この実施の形態 2 によれば、上記実施の形態 1 の効果に加えて、システムの起動・運転中において、熱媒体が第 1 熱回収系統 9A 内から排出されているので、熱媒体が第 1 熱回収系統 9A 内に充填されていることに起因する改質器 1 の熱容量の増大が抑えられる。そこで、起動後の改質器 1 の昇温に必要な熱量の増大が抑えられ、少ない熱量で改質器 1 を所望温度まで速やかに昇温させることができる。また、システム運転時においても、改質器 1 と熱媒体との間の熱交換がなく、改質器 1 の温度の低下が抑えられる。その結果、燃焼器 2 に供給される燃料を低減することができ、低コスト化が図られる。

#### 【0023】

実施の形態 3 .

図 3 はこの発明の実施の形態 3 に係る燃料電池発電システムを説明する模式図である。

図 3 において、第 1 熱回収系統 9B は、貯湯槽 7 および第 3 熱交換器 6 を配管により連結して閉回路に構成されている。そして、熱媒体として水 7a を用いている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

#### 【0024】

この実施の形態 3 では、システムの運転中では、水 7a が第 1 循環ポンプ 11 により第 2 熱回収系統 10 内を循環して熱回収し、システムの停止後では、水 7a が第 2 循環ポンプ 12 により第 1 熱回収系統 9B 内を循環して熱回収する。さらに、システムの起動時には、水 7a が第 2 循環ポンプ 12 により第 1 熱回収系統 9B 内を循環して、改質器 1 の本体が加熱される。

#### 【0025】

従って、この実施の形態 3 によれば、上記実施の形態 1 の効果に加えて、熱媒体として水 7a を用いているので、第 4 熱交換器 8 が不要となり、構成が簡略化され、低コスト化が図られる。

#### 【0026】

なお、この実施の形態 3 では、システムの起動時には、水 7a を第 2 循環ポンプ 12 により第 1 熱回収系統 9B 内を循環させるものとしているが、第 1 熱回収系統 9B の第 3 熱交換器 6 と第 2 循環ポンプ 12 との経路中に例えば三方弁を設置し、システムの起動・運転の際に、三方弁の第 3 熱交換器 6 側および外部側を開弁し、第 1 熱回収系統 9B の第 3 熱交換器 6 内の水 7a (熱媒体) を排出するようにしてもよい。これにより、システムの起動・運転中に、水 7a が第 1 熱回収系統 9B の第 3 熱交換器 6 内に充填されていることに起因する改質器 1 の熱容量の増大が抑えられるので、上記実施の形態 2 と同様に効果が得られる。この場合、システムの停止時に、三方弁の第 3 熱交換器 6 側および第 2 循環ポン

10

20

30

40

50

ブ 1 2 側を開弁し、水 7 a を第 2 循環ポンプ 6 により第 1 熱回収系統 9 B 内を循環させて熱回収させることになる。そして、三方弁からの水 7 a の排出分を貯湯槽 7 に給水するようにすればよい。

【 0 0 2 7 】

実施の形態 4 .

図 4 はこの発明の実施の形態 4 に係る燃料電池発電システムを説明する模式図である。図 4 において、第 1 循環ポンプ 1 1 が第 2 熱回収系統 1 0 の貯湯槽 7 と第 1 熱交換器 4 と間の経路中に配設され、流路切替弁としての三方弁 1 6 が第 1 循環ポンプ 1 1 と第 1 熱交換器 4 との間の経路中に配設されている。つまり、第 2 熱回収系統 1 0 A が、貯湯槽 7、第 1 循環ポンプ 1 1、三方弁 1 6、第 1 熱交換器 4 および第 2 熱交換器 5 を配管により連結して閉回路に構成されている。また、第 1 熱回収系統 9 C が、貯湯槽 7、第 1 循環ポンプ 1 1、三方弁 1 6 および第 3 熱交換器 6 を配管により連結して閉回路に構成されている。

10

なお、他の構成は上記実施の形態 3 と同様に構成されている。

【 0 0 2 8 】

この実施の形態 4 では、制御部 2 6 は、システムの運転中では、三方弁 1 6 の第 1 循環ポンプ 1 1 側と第 1 熱交換器 4 側とを開弁するように三方弁 1 6 を制御し、システムの停止後、三方弁 1 6 の第 1 循環ポンプ 1 1 側と第 3 熱交換器 6 側とを開弁するように三方弁 1 6 を制御している。

そこで、システムの運転中では、水 7 a が第 1 循環ポンプ 1 1 により第 2 熱回収系統 1 0 A 内を循環して熱回収し、システムの停止後では、水 7 a が第 1 循環ポンプ 1 1 により第 1 熱回収系統 9 C 内を循環して熱回収する。

20

さらに、システムの起動時には、水 7 a が第 2 循環ポンプ 1 2 により第 1 熱回収系統 9 C 内を循環して、改質器 1 の本体が加熱される。

【 0 0 2 9 】

従って、この実施の形態 4 によれば、上記実施の形態 3 の効果に加えて、第 1 循環ポンプ 1 1 が第 1 および第 2 熱回収系統 9 C、1 0 A の水 7 a の駆動用として共用されているので、第 2 循環ポンプ 1 2 が不要となり、構成が簡略化され、さらに低コスト化が図られる。

【 0 0 3 0 】

実施の形態 5 .

図 5 はこの発明の実施の形態 5 に係る燃料電池発電システムを説明する模式図である。なお、図 5 では、説明の便宜上、第 2 熱回収系統 1 0 を省略している。

図 5 において、第 1 熱回収系統 2 0 は、改質器 1 の低温部 1 a の熱を回収する低温部熱回収系統 2 1 と、改質器 1 の高温部 1 b の熱を回収する高温部熱回収系統 2 2 とから構成されている。低温部熱回収系統 2 1 は、貯湯槽 7、第 3 循環ポンプ 1 2 A および低温部熱交換器 6 A を配管により連結して閉回路に構成され、高温部熱回収系統 2 2 は、貯湯槽 7、第 4 循環ポンプ 1 2 B および高温部熱交換器 6 B を配管により連結して閉回路に構成されている。ここで、低温部熱交換器 6 A は、例えば改質器 1 の低温部 1 a に巻き付けられたパイプ等により構成され、高温部熱交換器 6 B は、例えば改質器 1 の高温部 1 b に巻き付けられたパイプ等により構成されている。また、低温部 1 a が改質器 1 の温度上昇が制約されている部位に相当する。

40

なお、他の構成は上記実施の形態 3 と同様に構成されている。

【 0 0 3 1 】

この実施の形態 5 では、制御部 2 6 は、温度計 2 5 を介して改質器 1 の低温部 1 a の温度をモニターするように構成されている。そして、システムの運転中では、制御部 2 6 は、上記実施の形態 3 と同様に、第 1 循環ポンプ 1 1 を駆動して水 7 a を第 2 熱回収系統 1 0 内に循環させ、燃料電池 3 の廃熱および改質器 1 から排出される排出ガスの廃熱を熱回収する。

また、システムの停止後では、制御部 2 6 は、第 1 循環ポンプ 1 1 の駆動を停止するとと

50

もに、第3および第4循環ポンプ12A、12Bを駆動する。そして、制御部26は、低温部1aの温度が所定温度を超えないように第3循環ポンプ12Aを間欠駆動し、水7aを低温部熱回収系統21内に循環させ、低温部1aの熱を熱回収する。さらに、制御部26は、第4循環ポンプ12Bを連続駆動し、水7aを高温部熱回収系統22内に循環させ、高温部1bの熱を熱回収する。

さらに、システムの起動時には、制御部26は、第3および第4循環ポンプ12A、12Bを駆動して水7aを低温部熱回収系統21および高温部熱回収系統22内に循環させ、改質器1の低温部1aおよび高温部1bを加熱する。

#### 【0032】

従って、この実施の形態5によれば、第1熱回収系統20が低温部熱回収系統21と高温部熱回収系統22とから構成されているので、改質器1の低温部1aおよび高温部1bの温度を任意のプロファイルに設定することができる。

そこで、システムの停止時、第3循環ポンプ12Aを間欠駆動して、改質器1の低温部1aの温度が設定温度を超えないように熱回収されているので、低温部1aが設定温度を超えることに起因する改質性能の悪化が防止される。

また、改質器1の熱を回収する熱回収系統が低温部熱回収系統21と高温部熱回収系統22とから構成されているので、熱媒体が高温部1bの熱を熱回収した後、低温部1aの熱回収に供せられることがない。そこで、高温部1bの熱を熱回収した熱媒体が低温部1aとの間の熱交換で熱を損失することがなく、高温部1bの熱を効率よく熱回収することができる。

#### 【0033】

また、システムの起動時には、貯湯槽7内の水7aを低温部熱回収系統21および高温部熱回収系統22内に循環させ、改質器1の低温部1aおよび高温部1bを加熱するようになっているので、改質器1の起動が速やかに行われる。この時、低温部1aは、構造上、燃焼部2による昇温がしにくくなっていることから、低温部熱回収系統21による低温部1aの加熱・昇温は改質器1を速やかに起動させる上で効果的である。

#### 【0034】

なお、上記実施の形態5において、制御部26は、システムの運転中に、温度計25の温度が設定温度より低い所定温度範囲内に入った時に第3循環ポンプ12Aを駆動し、低温部1aと低温部熱交換器6Aとの間で熱交換するように構成されてもよい。この場合、低温部1aの温度がシステムの運転中に設定温度を超えないように制御され、低温部1aが設定温度を超えることに起因する改質性能の悪化が防止され、より安定した運転が行える。

ここで、低温部1aは、例えばCO低減部中のシフト反応部である。また、低温部1aは、シフト反応部にのみ限定されるものではなく、シフト反応部とCO酸化部とを組み合わせたもの、シフト反応部とそれ以外のCO低減機能を有するものとを組み合わせたものでもよい。

#### 【0035】

実施の形態6

図6はこの発明の実施の形態6に係る燃料電池発電システムを説明する模式図である。なお、図6では、説明の便宜上、第2熱回収系統10を省略している。

図6において、第1熱回収系統20Aは、改質器1の低温部1aの熱を回収する低温部熱回収系統21Aと、改質器1の高温部1bの熱を回収する高温部熱回収系統22Aとから構成されている。低温部熱回収系統21Aは、貯湯槽7、第3循環ポンプ12A、第1遮断弁17および低温部熱交換器6Aを配管により連結して閉回路に構成され、高温部熱回収系統22Aは、貯湯槽7、第3循環ポンプ12A、第2遮断弁18および高温部熱交換器6Bを配管により連結して閉回路に構成されている。

なお、他の構成は上記実施の形態5と同様に構成されている。

#### 【0036】

この実施の形態6では、制御部26は、さらに第1および第2遮断弁17、18の開閉を

10

20

30

40

50

制御するように構成されている。そして、システムの運転中では、制御部 26 は、上記実施の形態 5 と同様に、第 1 循環ポンプ 11 を駆動して水 7a を第 2 熱回収系統 10 内に循環させ、燃料電池 3 の廃熱および改質器 1 から排出される排出ガスの廃熱を熱回収する。また、システムの停止後では、制御部 26 は、第 1 循環ポンプ 11 の駆動を停止するとともに、第 3 循環ポンプ 12A を駆動する。そして、制御部 26 は、低温部 1a の温度が所定温度を超えないように第 1 遮断弁 17 を開閉させ、水 7a を低温部熱回収系統 21A 内を間欠的に循環させ、低温部 1a の熱を熱回収する。さらに、制御部 26 は、第 2 遮断弁 18 を開弁させ、水 7a を高温部熱回収系統 22A 内に循環させ、高温部 1b の熱を熱回収する。

さらに、システムの起動時には、制御部 26 は、第 3 循環ポンプ 12A を駆動して水 7a を低温部熱回収系統 21A および高温部熱回収系統 22B 内に循環させ、改質器 1 の低温部 1a および高温部 1b を加熱する。 10

#### 【0037】

従って、この実施の形態 6 によれば、上記実施の形態 5 の効果に加えて、第 4 循環ポンプ 12B が不要となり、構成が簡略化され、低コスト化が図られる。

#### 【0038】

実施の形態 7 .

図 7 はこの発明の実施の形態 7 に係る燃料電池発電システムを説明する模式図、図 8 はこの発明の実施の形態 7 に係る燃料電池発電システムにおけるシステム停止後の自然放熱による複合改質器の温度プロファイルを説明する図、図 9 はこの発明の実施の形態 7 に係る燃料電池発電システムにおけるシフト反応触媒の活性寿命と運転温度との関係を説明する図である。なお、図 7 では、説明の便宜上、第 2 熱回収系統 10 を省略している。 20

#### 【0039】

図 7 において、改質器 30 は、改質反応部 31 と、CO 低減部 32 とから構成されている複合改質器である。そして、第 1 熱回収系統としての CO 低減部熱交換回路 33 が、貯湯槽 7、第 5 循環ポンプ 12C および CO 低減部熱交換器 6C を配管により連結して閉回路に構成されている。ここで、CO 低減部熱交換器 6C は、例えば改質器 30 の CO 低減部 32 のシフト反応部の近傍に巻き付けられたパイプ等により構成されている。なお、CO 低減部 32 のシフト反応部は温度上昇が制約される部位に相当する。また、第 1 熱回収系統 9B が、貯湯槽 7、第 1 循環ポンプ 12 および第 3 熱交換器 6 を配管により連結して閉回路に構成されている。ここで、第 3 熱交換器 6 は、例えば改質器 30 の改質反応部 31 に巻き付けられたパイプ等により構成されている。なお、図示されていないが、改質器 30 の排気ガスの廃熱を熱回収する第 2 熱回収系統が設けられている。 30

#### 【0040】

この実施の形態 7 では、制御部 26 は、温度計 25 を介して改質器 30 の CO 低減部 32 のシフト反応部の温度をモニターするように構成されている。そして、システムの運転中および停止中において、制御部 26 は、CO 低減部 32 のシフト反応部の温度が設定温度となると第 5 循環ポンプ 12C を間欠駆動し、CO 低減部熱交換器 6C に水 7a を循環させて、CO 低減部 32 のシフト反応部と CO 低減部熱交換器 6C との間で熱交換させ、CO 低減部 32 のシフト反応部の熱を回収し、CO 低減部 32 のシフト反応部の温度が所定温度を超えないように制御する。 40

#### 【0041】

また、システムの運転中では、制御部 26 は、上記実施の形態 3 と同様に、第 1 循環ポンプ 11 を駆動して水 7a を第 2 熱回収系統 10 内に循環させ、燃料電池 3 の廃熱および改質器 30 から排出される排出ガスの廃熱を熱回収する。

また、システムの停止後では、制御部 26 は、第 1 循環ポンプ 11 の駆動を停止するとともに、第 1 循環ポンプ 12 を連続駆動し、水 7a を第 1 熱回収系統 9B 内に循環させ、改質反応部 31 の熱を熱回収する。

さらに、システムの起動時には、制御部 26 は、第 1 循環ポンプ 12 を駆動して水 7a を第 1 熱回収系統 9B 内に循環させ、改質器 30 の改質反応部 31 を加熱する。 50

## 【0042】

ここで、この燃料電池発電システムが停止した後自然放置状態におかれると、CO低減部32のシフト反応部は、図8中Aで示されるように、システム停止後、徐々に上昇し、その後徐々に下降する温度プロファイルを呈する。一方、改質反応部31は、図8中Bで示されるように、システム停止後徐々に下降する温度プロファイルを呈する。

## 【0043】

また、図9は、シフト反応触媒を単体試験装置において連続動作させてCO転化率を測定した結果を示している。ここで、図9中、実線は反応部の温度を230に制御した場合のCO転化率を示し、点線は反応部の温度を300に制御した場合のCO転化率を示し、二点鎖線は反応部の温度を400に制御した場合のCO転化率を示している。

10

図9から、CO低減部32のシフト反応部の温度が230に維持されていると、CO転化率は連続動作時間に拘わらずほぼ一定の値を示すことが分かる。しかし、CO低減部32のシフト反応部の温度が300より高くなると、CO転化率は連続動作時間の経過とともに徐々に低下することが分かる。そして、CO低減部32のシフト反応部の温度が400となると、CO転化率は500時間経過後急激に低下することが分かる。これは、CO低減部32のシフト反応部の温度が300以上となると、触媒活性が低下し、CO転化率が悪化したため、と推考される。そこで、CO低減部32のシフト反応部の温度を300未満、好ましくは230以下に制御することが必要となる。

## 【0044】

従って、この実施の形態7によれば、CO低減部32のシフト反応部と熱交換するCO低減部熱交換回路33を備え、制御部26がCO低減部32のシフト反応部の温度をモニターし、CO低減部32のシフト反応部が設定温度(例えば230)を超えるとCO低減部熱交換回路33に水7aを循環させてCO低減部32のシフト反応部の熱を回収するように構成されているので、システムの停止中および運転中に、CO低減部32のシフト反応部の温度が設定温度(例えば230)を超えないように制御される。

20

そこで、システム運転中に、CO低減部32のシフト反応部の温度の温度が高くなって触媒の活性が低下し、CO濃度の高い改質ガスを燃料電池3に提供して、燃料電池3の出力を低下させるような不具合も未然に防止される。その結果、安定した出力が得られる燃料電池発電システムを実現できる。

また、CO低減部32のシフト反応部の温度が過度に上昇している時にシステムを再起動すると、CO濃度を十分に低減できず、システムを安定して運転できなくなる。しかし、この実施の形態7では、システム停止中、CO低減部32のシフト反応部の温度上昇が抑えられているので、システムを速やかに再起動できるとともに、システムを安定して運転できるようになる。

30

## 【0045】

また、システム運転中では、燃料電池3からの廃熱および改質器30から排出される排ガスから廃熱を回収するとともに、システム停止後で、従来無駄に放熱されていた改質器30の改質反応部31の熱を回収するようにしているので、総合熱効率の高い燃料電池発電システムが実現される。

また、システムの起動時に、貯湯槽7に蓄熱されている熱を改質器30の改質反応部31

40

## 【0046】

なお、上記実施の形態7では、第1熱回収系統として、改質器30の改質反応部31の熱を回収する第1熱回収系統9Bと、CO低減部32のシフト反応部の熱を回収するCO低減部熱交換回路33とを設けるものとしているが、第1熱回収系統として、CO低減部32のシフト反応部の熱を回収するCO低減部熱交換回路33のみを設けるようにしてもよい。

この場合、システム運転中およびシステム停止後に、CO低減部32のシフト反応部の温度が設定温度より高くなると、CO低減部熱交換回路33に水7aを循環させてCO低減部32のシフト反応部の熱を回収し、CO低減部32のシフト反応部の温度が設定温度と

50

なると、CO低減部熱交換回路33への水7aの循環を停止させることになる。これにより、CO低減部32のシフト反応部の熱を有効に回収することができ、さらにCO低減部32のシフト反応部の温度が設定温度に維持されるので、システムの速やかな再起動が可能となり、CO濃度の高い改質ガスを燃料電池3に提供することもなく、安定した出力が得られる。

【0047】

【発明の効果】

この発明は、以上説明したように、炭化水素系燃料又はアルコール類から水素を主成分とする改質ガスを生成する改質器と、上記改質ガス中の水素と別途供給された酸素との化学反応によって電気を出力する燃料電池と、上記改質器に設置された熱交換器により熱を回収する第1熱回収システムと、システムの停止後に、上記第1熱回収システムに熱媒体を循環させて上記改質器を冷却しながら熱を回収させる制御部とを備えているので、総合熱効率の高い燃料電池発電システムが実現される。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態1に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図2】この発明の実施の形態2に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図3】この発明の実施の形態3に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

20

【図4】この発明の実施の形態4に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図5】この発明の実施の形態5に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図6】この発明の実施の形態6に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図7】この発明の実施の形態7に係る燃料電池発電システムを説明するための模式図である。

【図8】この発明の実施の形態7に係る燃料電池発電システムにおけるシステム停止後の自然放熱による複合改質器の温度プロファイルを説明する図である。

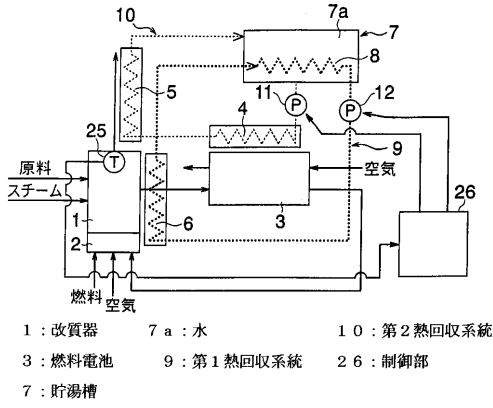
30

【図9】この発明の実施の形態7に係る燃料電池発電システムにおけるシフト反応触媒の活性寿命と運転温度との関係を説明する図である。

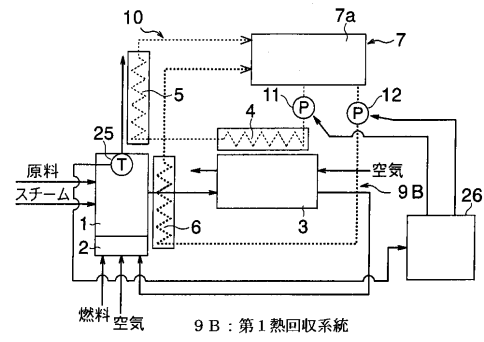
【符号の説明】

1、30 改質器、3 燃料電池、7 貯湯槽、7a 水、9、9A、9B、9C、20 第1熱回収システム、10、10A 第2熱回収システム、26 制御部、31 改質反応部、32 CO低減部（温度上昇が制約される部位）、33 CO低減部熱交換回路（第1熱回収システム）。

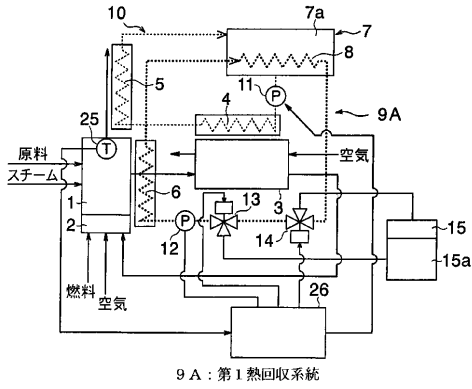
【 図 1 】



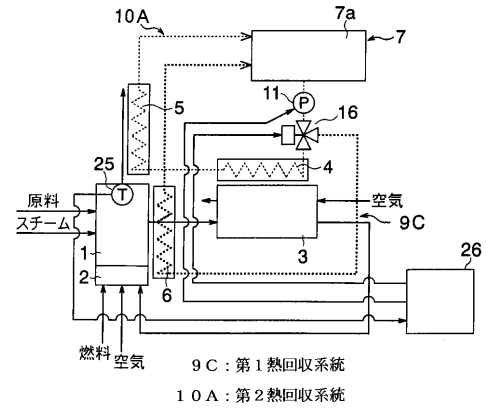
【 図 3 】



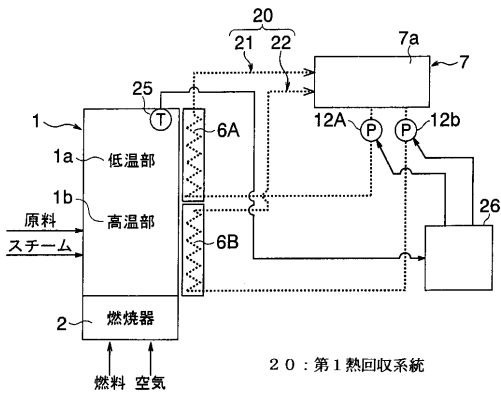
【 図 2 】



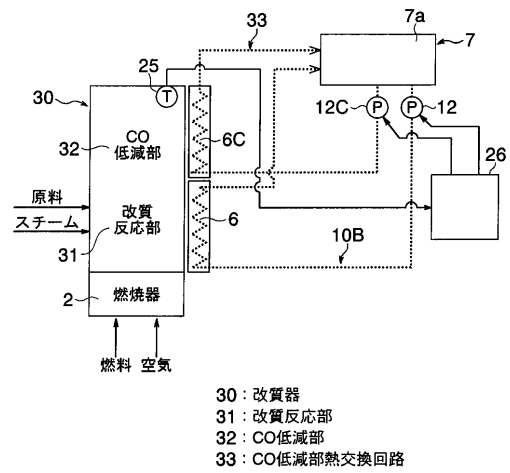
【 図 4 】



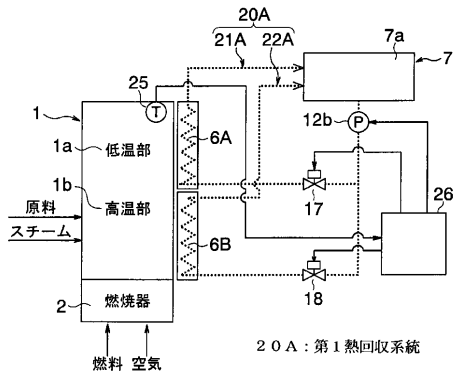
【 図 5 】



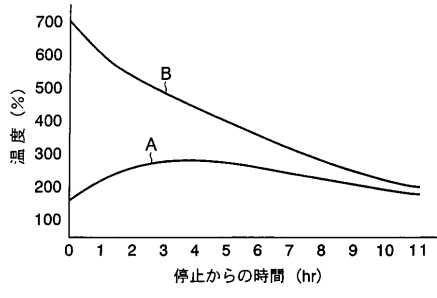
【 図 7 】



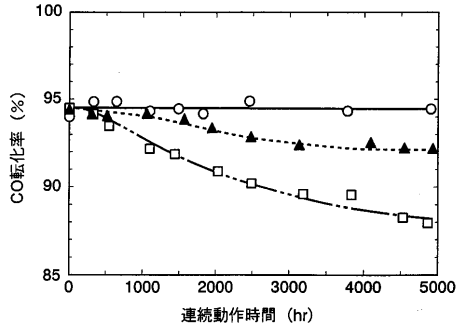
【 図 6 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松本 秀一  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 尾台 佳明  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 土野 和典  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内
- Fターム(参考) 5H027 AA02 BA01 DD06 KK42 MM16